ANNALES
DES
POSTES,
TÉLÉGRAPHES
ET
TÉLÉPHONES

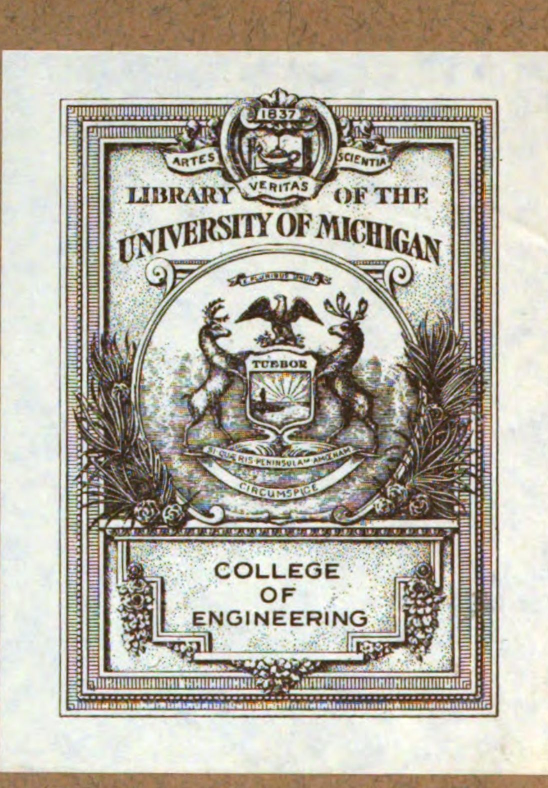
12
1923

12

1923







1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
COLLEGE
OF
ENGINEERING




12e ANNÉE. — N° 1. JANVIER 1923. PRIX : 2 fr. 50.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS
D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE.
3 RUE THÉNARD, PARIS Ve

Prix de l'abonnement annuel : France .... 24 francs ; Étranger .... 27 francs.

COMMISSION DES ANNALES

DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une Commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes.*

Cette Commission se réunit à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VII[e].

Membres de la Commission:

NOTA : La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

LES PROGRÈS DE LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL DEPUIS VINGT ANS (1)

Par M. le Professeur J.A. Fleming

Historique. — Il y a 21 ans, on élevait à Poldhu (Cornouailles) une petite construction destinée à abriter des appareils nécessaires à une expérience présentant un intérêt considérable.

Pendant quatre ans, le sénateur Marconi avait démontré maintes fois l'utilité des appareils qu'il avait imaginés pour communiquer sans fil ; il avait réussi à échanger une communication télégraphique à travers des distances variables, la plus grande étant de l'ordre de 160 kilomètres. Ces brillants résultats l'encouragèrent à faire mieux encore, et à essayer de transmettre les ondes hertziennes au delà de l'Océan Atlantique. Certains techniciens jugeaient téméraire de passer d'un bond de 160 à 3.360 kilomètres ; malgré cela, avec une ténacité remarquable, Marconi décida d'aborder immédiatement le problème de la T.S.F. à longue distance. Chose curieuse, les savants comme les inventeurs ignoraient tout des dispositions secrètes prises par la Nature pour faciliter et aussi empêcher la réalisation de projets aussi ambitieux. Nous allons en passer en revue quelques-unes.

La première question qui se posait était celle de l'énergie. Jusque-là on avait utilisé à la transmission une bobine d'induction alimentée par une douzaine d'éléments de batterie. Des 150 watts produits, 5 ou 10 seulement étaient rayonnés par l'antenne.

En l'absence de toute expérience préalable, la conversion de cet appareil de laboratoire en un appareil technique commercial ne pouvait se faire que progressivement à la suite de nombreux essais. Le problème nous ayant été posé, nous avons préconisé

(1) *Journal of the Royal Society of Arts* : décembre 1921).

l'emploi d'un moteur à pétrole de 32 chevaux (type Hornsby-Ackroyd) et d'un alternateur Mather et Platt à 50 périodes pour alimenter deux transformateurs Berry de 20 kw pouvant élever la tension de deux mille à vingt mille volts. Six mois auparavant, Marconi avait pris son brevet nº 7777 (26 avril 1900) relatif à une modification importante de son appareil initial : les oscillations électriques produites par la décharge d'une batterie de bouteilles de Leyde à travers une bobine d'un transformateur étaient amenées à induire des oscillations syntoniques dans l'antenne reliée au circuit secondaire du transformateur ; à l'arrivée, les oscillations captées par l'antenne réceptrice étaient amenées à en produire d'autres dans un circuit à condensateur, rigoureusement accordé. Plus tard, une contestation surgit à propos de cet important brevet ; l'affaire se termina en faveur de Sir Oliver Lodge qui, dans son brevet nº 11575 déposé en 1897, signalait la nécessité d'un parfait accord entre les postes émetteurs et les postes récepteurs, ainsi que les avantages résultant de l'emploi d'ondes faiblement amorties.

Dans un mémoire intitulé : « Syntonic Wireless Telegraphy », présenté le 15 mai 1901 à la Royal Society of Arts, Marconi a donné une description complète de ce système. Les premières modifications apportées à l'installation de Poldhu, étaient une variante de ce système syntonisé, en ce sens qu'on effectuait une double transformation avec deux éclateurs et deux jeux de condensateurs [voy. Brevets anglais nºs 20576 et 22126 (1900) et nº 3481 (1901), pris par J. A. Fleming].

Mais il fallut rechercher un type de condensateur moins encombrant qu'une batterie de bouteilles de Leyde. On imagina un condensateur composé de 20 plaques de verre de 103 cm² revêtues sur chaque face de feuilles d'étain et plongées dans une cuve en grès remplie d'huile de lin. La capacité de chaque condensateur était de 1/18 de microfarad.

Les signaux étaient produits en court-circuitant des bobines de réactance intercalées sur le circuit de l'alternateur, du côté basse tension des transformateurs. Les premières difficultés se présentèrent avec les boules des éclateurs, par suite de

la production d'un arc dû au transformateur. On remédia en partie à ces difficultés, en employant, au lieu de boules, deux disques massifs en fer, tournant lentement sous l'effet de moteurs électriques, et en utilisant un transformateur à noyau d'air; mais elles ne furent complètement résolues qu'un peu plus tard lorsque le sénateur Marconi eut inventé son excitateur composé de deux disques munis de boutons de contact et tournant à grande vitesse, dans lequel l'arc s'éteignait sous l'effet du courant d'air produit par la rotation des disques sans pour cela que la décharge oscillante du condensateur cessât de se produire. Il convient de remarquer que la décharge ainsi produite est amortie et qu'elle se compose de deux ou trois oscillations seulement. C'est ici un avantage, parce qu'il ne se produit pas de retour de l'énergie appliquée à l'antenne et parce que les oscillations engendrées dans celle-ci se trouvent entretenues. Ce type d'excitateur permet en outre d'augmenter sensiblement la vitesse de transmission.

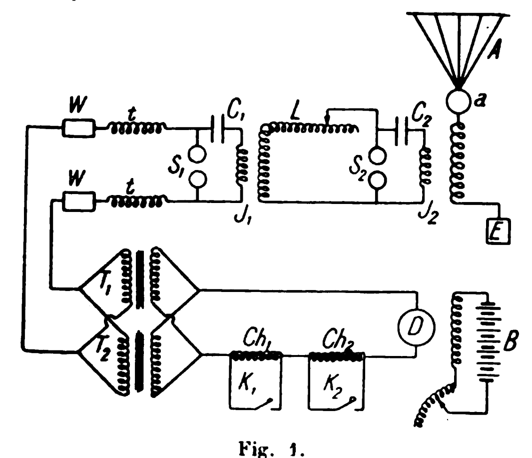


Fig. 1.
Schéma du premier poste émetteur de Poldhu (1901).

Le dispositif qui permit de faire franchir l'Atlantique aux ondes hertziennes en décembre 1901, était composé comme suit : L'alternateur D (fig. 1) était actionné par un moteur à pétrole à une vitesse donnant environ 45 périodes par seconde ; la tension à basse fréquence (variable entre 450 et 600 volts environ)

était élevée au moyen de deux transformateurs T_1, T_2 montés en parallèle ; des bobines de réactance Ch_1 et Ch_2 coupaient le courant, sauf quand on les court-circuitait à l'aide des clés K_1, K_2. On utilisait le voltage à haute tension des transformateurs pour charger un condensateur C_1 de 1,43 microfarads ; la décharge s'effectuait dans l'éclateur S_1 (distance explosive 7,5 mm). D'autres bobines W étaient mises en circuit pour réaliser l'accord entre le condensateur et le circuit basse fréquence du transformateur. Le courant oscillatoire traversait le transformateur J_1 (ayant un coefficient d'amplification égal à 10), qui, à son tour, chargeait un condensateur C_2 de 1/27 de microfarad, lequel se déchargeait dans l'éclateur S_2 (distance explosive 40 mm). L'antenne en éventail était formée de 54 fils en cuivre de 7/20, et soutenue par un câble métallique tendu entre deux pylônes de 45 mètres. Le courant mesuré au pied de l'antenne était de 17 ampères environ. La capacité était sensiblement de 0,003 microfarad. La longueur d'onde (non mesurée) était d'environ 1.000 mètres.

L'installation était terminée en 1901 ; on effectua des essais à courte distance, puis le 27 novembre 1901, Marconi quitta l'Angleterre à bord du « Sardinian », emportant avec lui plusieurs ballons et cerfs-volants. Il était accompagné de MM. Kemp et Paget. L'intention de Marconi était de construire à Terre Neuve une antenne provisoire pour essayer de capter les signaux transmis de Poldhu suivant un programme établi d'avance. En arrivant à Saint-Jean, Marconi s'assura la collaboration du gouverneur et trouva un emplacement convenable à Signal Hill dans un bâtiment du gouvernement. Un signal convenu informa Poldhu qu'il pouvait commencer à transmettre la lettre S (trois points) à certaines heures. Après avoir éprouvé quelques difficultés pour faire s'élever les ballons porteurs de fils, Marconi, le 12 décembre 1901, réussit à recevoir les signaux transmis par Poldhu, en se servant d'un cohéreur approprié et d'un téléphone. Il câbla aussitôt la nouvelle en Angleterre. L'énergie dépensée réellement pour actionner l'alternateur n'était pas supérieure à 10 ou 12 chevaux ; mais évidemment, seule une fraction de cette énergie était rayonnée sous forme d'ondes électriques.

Mais, ces expériences du plus haut intérêt furent interrompues par la compagnie « Anglo-American Telegraph », qui s'était assuré, jusqu'en avril 1904, le monopole de la réception des messages transatlantiques. La compagnie introduisit une demande tendant à faire cesser les expériences. Néanmoins, on en avait fait assez pour pouvoir dire que la T.S.F. transocéanique n'était pas une chimère, qu'elle était réalisable avec des installations convenablement équipées.

Le sénateur Marconi obtint l'autorisation d'élever des pylônes et une antenne à Glace Bay (Nouvelle-Ecosse) ainsi qu'au Cap Cod (Etats-Unis). Un an plus tard, le 21 décembre 1902, il réussissait à transmettre plusieurs messages à travers l'Atlantique. La T.S.F. à longue distance avait vu le jour.

Mais il restait beaucoup à faire pour organiser un service commercial. D'abord, l'expérience avait prouvé qu'il était nécessaire d'appliquer à l'antenne une énergie plus considérable ; en conséquence, on construisit deux nouvelles stations fixes, l'une à Clifden (Irlande), l'autre à Glace Bay (Nouvelle-Ecosse). Au milieu de 1907, ces stations étaient suffisamment avancées pour permettre d'organiser un service de presse restreint. En août 1909, un incendie détruisit partiellement la station de Glace Bay ; ce n'est qu'en avril 1910, que l'échange des communications privées fut rétabli. Toutefois, dès 1907, la preuve était faite qu'un service transatlantique pouvait être organisé, qui répondait aux conditions d'exactitude et de vitesse voulues.

Systèmes à étincelles. — Il est impossible de décrire en détail toutes les modifications apportées à ces premières stations, de 1902 à 1910. Il suffira de signaler une transformation que l'on fit subir à l'installation de Poldhu, transformation imposée par l'emploi de la réception téléphonique et par l'invention du détecteur magnétique Marconi (1902) ; elle consistait à augmenter la fréquence de groupe des décharges électriques. L'alternateur basse fréquence fut remplacé par un alternateur d'une fréquence égale ou supérieure à 200, de façon à élever la note reçue au téléphone, pour qu'elle puisse être distinguée plus

facilement des bruits dus aux perturbations atmosphériques. Pour obtenir un mouvement de rotation du moteur plus uniforme, on substitua une machine à vapeur au moteur à pétrole. La même substitution fut faite à Clifden. On supprima l'alternateur et les transformateurs, et, au moyen de plusieurs dynamos à courant continu montées en série, on chargea une batterie de 6.000 petits éléments d'accumulateurs. Ces éléments permettaient de charger en permanence un gros condensateur à air qui se déchargeait à travers le primaire d'un transformateur d'oscillations, le secondaire étant relié à l'antenne et à la terre. La capacité de ce condensateur était de 2 microfarads; il était formé de grandes plaques de fer suspendues à 30 cm. l'une de l'autre. Les pertes d'énergie y étaient donc négligeables. Les décharges se produisaient à raison de 500 ou 600 par seconde (éclateur tournant). Dès qu'un arc prenait naissance, il était éteint aussitôt, mais les oscillations faiblement amorties n'étaient nullement affectées et produisaient dans le téléphone du poste récepteur une note musicale facile à distinguer des bruits parasites. Entre temps, certaines expériences avaient fait ressortir l'avantage des grandes longueurs d'ondes en télégraphie sans fil à longue distance ; aussi, les stations de Clifden et de Glace Bay, travaillèrent-elles bientôt sur 5.000 ou 7.000 mètres. Il n'est sans doute pas nécessaire de s'étendre ici sur d'autres systèmes à étincelles, (tels que l'éclateur à étincelles fractionnées inventé un peu plus tard); en effet, malgré qu'ils soient avantageux pour transmettre à de moyennes ou faibles distances, il a été reconnu que les systèmes à ondes entretenues avaient une telle supériorité pour les transmissions à longue distance qu'aujourd'hui personne ne proposerait d'équiper une puissante station radiotélégraphique avec un générateur d'étincelles intermittentes.

Cependant, le générateur d'étincelles cadencées (timed spark generator) constitue l'échelon intermédiaire entre les véritables systèmes à étincelles et les générateurs d'ondes entretenues. Il fut inventé par Marconi avant qu'on eût imaginé les différentes méthodes actuelles de production des ondes entretenues puis-

santes. Cette application de l'éclateur tournant de Marconi, qui permettait de rendre oscillantes les ondes hertziennes sous l'effet des décharges de plusieurs condensateurs, fut utilisée dans les stations puissantes de Carnavon (Angleterre), de New Jersey (Etats-Unis d'Amérique) et de Stavanger (Norvège) qui avaient été terminées à la veille de la guerre et qui devaient assurer un service transocéanique privé. Dans ce système, on charge en permanence plusieurs condensateurs au moyen de dynamos à courant continu donnant de 5.000 à 7.000 volts. Les condensateurs se déchargent alternativement dans les primaires des transformateurs dont les secondaires sont montés en série avec l'antenne et la terre. La décharge se produit dans deux éclateurs tournants, actionnés par un moteur et fixés sur un même arbre; les électrodes fixes sont disposées de telle façon que la décharge d'un condensateur commence juste au moment où les oscillations produites par l'autre condensateur cessent. Pour assurer la rigoureuse continuité des décharges et pour que les oscillaions se suivent dans l'antenne, on règle les décharges au moyen d'un disque d'amorçage (trigger disc). Les contacts des éclateurs tournants sont assez éloignés des contacts fixes pour que les condensateurs ne puissent se décharger qu'après que l'entrefer a été ionisé par une petite étincelle pilote (pilot spark) produite à intervalles réguliers par l'excitateur ; il en résulte que l'oscillation produite dans l'antenne est pratiquement entretenue ; elle présente toutefois de légères variations d'amplitude à intervalles réguliers. La transmission s'effectue en interrompant le courant de charge du petit condensateur (environ 1/2 ampère) placé dans le circuit du disque d'amorçage, en sorte qu'une énregie très faible (quelques watts seulement) commande l'émission par l'antenne d'énergies pouvant atteindre des centaines de kilowatts.

A propos des stations à longue distance exploitées avant la guerre par la Cie Marconi, il convient de signaler deux inventions de Marconi, qui présentent un réel intérêt : 1° l'antenne coudée douée de propriétés directrices ; 2° la méthode simple et pratique de transmission et réception en duplex. Cette méthode consiste à installer le poste récepteur et le poste émetteur d'une même

station, à quelques kilomètres l'un de l'autre. Dans le cas de la station de Carnavon, le poste récepteur se trouve sur la côte, à Towyn, à 60 kilomètres de la station émettrice. Le poste de Towyn est muni de deux antennes dont l'une, la plus grande, sert à la réception et dont l'autre plus petite est orientée de manière à neutraliser l'effet que la puissante station de Carnavon pourrait exercer sur les circuits servant à la réception, sans toutefois que les faibles ondes d'arrivée s'en trouvent encore affaiblies.

Les antennes d'émission de ces puissantes stations à étincelles sont portées par 10 pylônes en acier de 120 mètres; elles sont constituées par une nappe de fils longs de 900 mètres. Le système de prise de terre est proportionné à l'importance de l'antenne. La longueur des ondes rayonnées est d'environ 14.000 mètres, mais la longueur d'onde naturelle de l'antenne est de 5.600 mètres seulement.

La transmission peut se faire à Carnavon, ou être effectuée à distance de Towyn, ou encore de Londres au moyen d'appareils automatiques Creed.

Aujourd'hui, il est d'usage courant de construire le poste récepteur à plusieurs kilomètres du poste émetteur et de recevoir sur des cadres orientés convenablement par rapport à la position qu'occupe la station émettrice correspondante.

Méthode de l'arc. — Retournons en arrière et jetons un coup d'œil sur les inventions se rapportant à la T.S.F. à longue distance qui ont été faites à l'époque où les systèmes à étincelles voyaient eux-mêmes le jour. En 1900, feu Duddell imagina d'engendrer des oscillations électriques en shuntant un arc en courant continu, formé entre deux crayons de charbon, par une inductance et plusieurs condensateurs en série. Avec l'arc ordinaire, il fallait recourir à une forte capacité (de 1 à 5 microfarads) et à une inductance de l'ordre de 5 millihenrys pour obtenir dans le circuit du shunt des oscillations assez fortes; par suite, leur fréquence était fatalement faible; elle était beaucoup trop basse pour être utilisable en T.S.F.

Le phénomène provient surtout du fait que, pour un tel arc,

la courbe caractéristique de la différence de potentiel aux électrodes exprimée en fonction du courant de l'arc est une ligne inclinée négative. Toutes les recherches faites à propos de l'arc chantant, n'ont pu fournir une explication satisfaisante de cette courbe négative de la caractéristique.

La décharge dans l'arc est produite par l'ionisation continuelle de la vapeur de charbon, qui se traduit par un mouvement des ions positifs vers la cathode et par un mouvement des électrons négatifs vers l'anode. Le bombardement des électrodes par les ions suffit à maintenir leur température et à faciliter le dégagement des vapeurs de charbon. Il se produit sans doute aussi une certaine accumulation d'ions négatifs autour de la pointe du charbon positif et une semblable accumulation d'ions positifs autour du charbon négatif, lesquelles créent la chute brusque de potentiel que l'on constate au voisinage des électrodes. On sait qu'un conducteur gazeux ne suit pas la loi d'Ohm, c'est-à-dire que la conductivité n'est pas constante et indépendante du courant. La conductivité d'un gaz ionisé dépend du nombre d'ions présents dans l'unité de volume et de la vitesse qu'ils peuvent acquérir sous l'effet de l'unité de force.

Si l'intensité du courant augmente dans le parcours gazeux, c'est que la vitesse des ions augmente ; il peut en résulter une plus grande production d'ions du fait que les ions mobiles heurtent des molécules. De là, il résulte que, dans certaines conditions, la conductivité augmente plus vite que le courant ; par suite, le produit du courant par la résistance instantanée diminue. Mais ce produit est une mesure de la différence de potentiel aux électrodes. C'est ce qui se produit dans l'arc électrique. Par suite, un accroissement du courant dans l'arc s'accompagne d'une chute de potentiel sur les électrodes en charbon, fait confirmé par l'expérience.

L'augmentation de la conductivité plus rapide que l'accroissement d'intensité du courant, se produit, sans aucun doute, surtout dans les couches de vapeur de charbon qui se trouvent au voisinage immédiat des électrodes, parce que c'est là que la force électrique est la plus grande et que les ions se meuvent

avec la plus grande vitesse. L'expérience prouve qu'il en est surtout ainsi pour des arcs courts se produisant dans l'air entre deux électrodes en charbon. L'effet est encore très prononcé lorsque la densité du courant dans l'arc est très faible, car lorsque les courants sont plus denses toute ionisation supplémentaire par choc devient moins importante. On s'en rend nettement compte en examinant la courbe caractéristique courant-tension, dont la pente s'accentue lorsque la densité du courant dans l'arc diminue.

Si l'arc se produit dans l'air entre deux électrodes en charbon, le mélange de l'oxygène et de la vapeur de charbon, ainsi que l'affinité des atomes d'oxygène pour les électrons négatifs composant les ions négatifs d'oxygène, déterminent une action qui tend à appauvrir l'arc en ions, ce qui abaisse le taux de l'augmentation de la conductivité avec le courant. C'est pourquoi la courbe caractéristique n'a jamais alors une pente négative très à pic.

Toutefois, si l'arc est entouré et imprégné d'hydrogène, l'appauvrissement ne se produit pas ; au contraire, les ions se déplacent beaucoup plus facilement, ce qui favorise davantage l'ionisation par choc.

Comme l'ont montré les expériences de Upson, il en résulte que si l'arc se forme dans une atmosphère d'hydrogène, la pente de la courbe caractéristique sera plus raide, pour des courants donnés. On obtient sensiblement le même résultat en remplaçant l'hydrogène par des vapeurs d'alcool, de pétrole ou par du gaz d'éclairage. En raison de ce que la pente de la courbe caractéristique est plus raide, il est possible d'obtenir des oscillations ayant une énergie considérable (en se servant d'un condensateur de capacité plutôt faible monté en dérivation), et, par suite, d'engendrer des oscillations d'une fréquence plus élevée que si l'on utilisait un arc à charbons dans l'air.

La découverte de ce fait par Poulsen en 1903 constitue le point de départ des perfectionnements importants réalisés récemment en T. S. F. En employant un puissant champ magnétique transversal d'une certaine intensité optimum, Poulsen a constaté que le courant de l'arc pouvait cesser à chaque oscillation, mais qu'il

se remettait de lui-même à circuler si l'électrode négative était constituée par un crayon de charbon et restait incandescente. En ce cas, la valeur efficace du courant alternatif à travers le condensateur peut atteindre 70 % ($i_{eff} = \frac{1}{\sqrt{2}}$) du courant continu appliqué à l'arc. On peut donc considérer trois sortes de courant :

1° le courant du condensateur (i_s) qui n'est pas rigoureusement sinusoïdal, mais qui du moins comprend une composante principale qui est un harmonique simple :

2° le courant de la source, I_d, qui est un courant continu ;

3° le courant de l'arc, i_a, qui est la somme de I_d et de i_s. Si nous pouvons poser en première approximation $i_s = I_s \sin pt$, alors, dans le cas du champ magnétique optimum, $I_s = I_d$ et $i_a = I_d (1 + \sin pt)$. La valeur efficace de $i_a = (I_a)$ est alors égale à $I_d \frac{\sqrt{3}}{2}$ et $I_d = I_s \sqrt{2}$. D'où, $I_a = (I_s) \sqrt{3}$ et $I_d = (I_s) \sqrt{2}$.

Dans le cas du champ optimum, on peut donc représenter les valeurs efficaces du courant de l'arc, du courant du shunt et du courant continu par un triangle rectangle, dont les côtés ont comme longueur $\sqrt{3}$, 1 et $\sqrt{2}$ respectivement.

Le champ magnétique optimum H_0 qui donne ce résultat dépend de la fréquence des oscillations. Appelons λ la longueur d'onde. D'après Pedersen on a : $H_0 = \frac{a}{\lambda} - b$, où a et b sont des constantes. L.-F. Fuller a indiqué la formule $H_0 = K \frac{\sqrt{P}}{\lambda}$ où P représente l'énergie appliquée à l'arc et où K varie suivant la nature du gaz ou de la vapeur dans lesquels l'arc est produit. K est plus grand pour les vapeurs d'alcool que pour les vapeurs de kérosine. Le champ optimum est plus petit dans le cas de l'hydrogène parce que la grande vitesse moléculaire aide à la désionisation et, puisque la kérosine et les autres carbures d'hydrogène se décomposent en hydrogène et en carbone solide, alors que l'alcool se décompose en bioxyde de carbone, en hydrogène et en carbone, il s'ensuit que le champ optimum doit être plus

grand pour l'alcool que pour la kérosine ou pour la vapeur de pétrole. Pour une énergie de 50 kilowatts et avec une longueur d'onde de 7.000 mètres, l'arc formé dans la vapeur d'alcool exige un champ magnétique de 8.300 unités C. G. S. Avec une énergie de 1.000 kilowatts et une longueur d'onde de 20.000 mètres, le champ doit être de l'ordre de 13.500 unités C. G. S.

Mais, puisque les pièces polaires en fer doivent être en dehors de l'arc, l'entrefer est nécessairement grand et, par suite, les ampères-tours mis dans le noyau de fer de l'aimant doivent être grands également. Voilà pourquoi les générateurs d'arc doivent comprendre des électro-aimants massifs si l'on veut obtenir une forte énergie ; il en est qui pèsent 80 tonnes. Il faut faire très attention à la forme des pièces polaires.

Un poste émetteur de ce genre comprend donc une ou plusieurs dynamos capables de fournir du courant continu à 500 ou 600 volts, ou même davantage. L'arc se forme entre un épais charbon (pôle —) et une électrode en cuivre refroidie à l'eau (pôle +) dans une chambre remplie de vapeurs d'alcool ou de kérosine. Un puissant champ magnétique est créé perpendiculairement à l'arc, quelquefois par les courants de l'arc eux-mêmes ou de préférence en recourant à une dynamo spéciale. L'arc est shunté par un condensateur et une inductance ; une fraction de la bobine d'inductance peut être en série avec l'antenne. La transmission se fait généralement en rompant l'accord entre l'antenne et le circuit du condensateur shunté.

Le générateur d'arc présente deux inconvénients qui sont à signaler. En premier lieu, le courant alternatif dans le circuit du condensateur n'a pas l'allure d'une sinusoïde pure ; il se propage plusieurs harmoniques en outre du fondamental. En second lieu, la transformation d'énergie, même quand elle est le meilleur, reste faible. Toutes les transformations d'énergie par production de chaleur sont peu importantes ; tel est le cas pour les lampes électriques, pour les piles thermoélectriques de 5 à 15 %. Si l'on représente par C le courant continu appliqué à l'arc et par V la différence de potentiel des charbons, « CV watts » exprimera la somme d'énergie appliquée à l'arc, si l'on néglige les pertes dans

les résistances de réglage. Si l'on appelle A le courant dans le condensateur shunté et R la résistance du circuit en dérivation, l'énergie produite sous forme de courant alternatif aura pour expression : A^2R. Mais avec un champ optimum, on peut avoir $A\sqrt{2} = C$; alors, l'énergie à haute fréquence est égale à 1/2 C^2R, et le rendement $e = 1/2 \frac{CR}{V}$. Appelons R_d la résistance, en courant continu, de l'arc. Alors,

$$R_d = \frac{V}{C}$$

c'est-à-dire que $$e = 1/2 \frac{R}{R_d}$$

Mais, R_d est presque toujours plus grand que R. Il en résulte que le rendement est au plus égal à 50 °/₀ ; généralement il est même moins élevé. D'autre part, l'arc ne pouvant être éteint puis rallumé subitement, il s'ensuit qu'il y a dépense d'énergie aussi bien entre deux signaux que pendant la transmission des signaux. C'est un autre inconvénient auquel on s'efforce actuellement de porter remède.

Il n'en reste pas moins que la méthode de l'arc a été employée très souvent depuis quelques années pour franchir des distances pouvant atteindre 4.800, 6.400 et même 8.000 kilomètres. On utilise un poste à arc à Leafield près d'Oxford ; cette station exploitée par le Post Office anglais est une des stations de la future Chaîne impériale. Elle correspond avec la station d'Abu Zabal près Le Caire, distante de Leafield de 3.580 kilomètres. Des arcs de 1.000 kilowatts ont été installés à Croix d'Hins près Bordeaux ; on attend avec impatience les résultats obtenus pratiquement avec d'aussi puissants générateurs.

L'alternateur à haute fréquence. — Revenons une fois de plus en arrière pour suivre le développement d'un troisième type de générateur d'ondes hertziennes : l'alternateur haute fréquence.

Les premiers ingénieurs qui firent construire des alternateurs à champs tournants éprouvèrent quelques difficultés à dépasser

des fréquences de l'ordre de 10.000. En 1907, R. A. Fessenden construisit plusieurs petits alternateurs du type Mordey, actionnés par des turbines à vapeur De Laval. L'année suivante, E. F. W. Alexanderson inventa son alternateur à fer tournant, qui, perfectionné, peut donner 200 kilowatts et permet d'obtenir des fréquences comprises entre 20.000 et 100.000 et même davantage. Ce type d'alternateur a été si souvent décrit qu'il serait superflu d'y revenir en détail. L'inducteur est constitué par un disque en acier dont le bord est dentelé ; l'intervalle entre deux dents est rempli d'une substance non magnétique. Ces dents passent entre les dents polaires de l'aimant de champ et le bobinage de l'armature ; en faisant varier l'induction magnétique dans l'armature, elles donnent naissance au courant induit. Toutes les dents situées d'un même côté du stator ont la même polarité ; on évite ainsi les pertes magnétiques. De chaque côté de l'armature, l'entrefer est inférieur à 1 mm ; aussi, de grandes précautions doivent être prises pour centrer et maintenir centré le disque de l'inducteur. La principale difficulté consiste à régler la vitesse de l'alternateur H. F. Une variation de vitesse d'1/4 °/₀, avec un alternateur de 200 kilowatts, réduirait de moitié le courant d'antenne ; c'est pourquoi on a été obligé de chercher le moyen d'obtenir une vitesse constante à 1 dixième pour cent près. Aujourd'hui, ce problème est résolu.

L'amplificateur magnétique constitue un excellent régulateur de la vitesse ; c'est une sorte de bobine de réactance dont on peut faire varier sensiblement l'inductance en aimantant plus ou moins le noyau en fer avec du courant continu faible. Les choses se passent de la manière suivante : une des bobines de l'alternateur alimente un circuit en résonance accordé sur une fréquence légèrement inférieure à celle de l'antenne. Une partie de ce courant est redressée et appliquée aux amplificateurs magnétiques intercalés sur le circuit alimenté par le moteur biphasé qui actionne l'alternateur. En tournant plus vite, l'alternateur rompt l'accord du circuit en résonance, le courant de saturation des bobines de réactance est rendu plus faible et leur inductance plus considérable ; la vitesse des dynamos se ralentit et l'alternateur revient à sa vitesse normale.

On utilise à la transmission le même type de bobines de self. Le courant de l'armature de l'alternateur passe dans le circuit primaire d'un transformateur sans fer. Le circuit secondaire est connecté à l'antenne et à la terre. Il existe en outre un circuit tertiaire entre les deux premiers ; il se ferme sur une self variable. Si celle-ci a une forte impédance, l'énergie passe presque en totalité dans l'antenne ; mais, si le noyau de la bobine est saturé magnétiquement avec un faible courant continu, le circuit tertiaire est complètement fermé et l'énergie le parcourt au lieu de passer dans l'antenne. C'est pourquoi l'émission automatique d'un courant continu peu intense permet de commander l'émission d'un courant d'antenne très intense et de transmettre les signaux à la vitesse de 100 mots par minute, et même à une vitesse supérieure. On est en train d'installer à la puissante station américaine de Long Island dix alternateurs de 200 kilowatts. Plusieurs alternateurs de ce genre fonctionnent depuis quelque temps déjà à la station de New Brunswick (New Jersey, U. S. A.) exploitée par la marine américaine. Deux alternateurs de 200 kilowatts installés à Carnavon (Angleterre) assurent le service radiotélégraphique avec les États-Unis d'Amérique.

Il nous faut dire deux mots des alternateurs à inducteur homopolaire de MM. Latour et Béthenod. Le stator de l'alternateur ne diffère pas de celui de l'alternateur Alexanderson. Une bobine circulaire d'aimantation est entourée par un anneau en fer (ayant la forme d'une selle de cheval), autour duquel sont fixées des dents en fer finement laminé. Toutes les dents situées d'un même côté ont donc une polarité soit nord, soit sud. Un bobinage d'armature est posé en zigzag autour des dents. Le rotor cylindrique porte, sur la périphérie, des bagues en fer laminé qui comportent des creux et des parties en relief. Celles-ci servent à fermer le circuit magnétique des dents et font ainsi varier le flux à travers les bobines de l'armature. Dans un alternateur à inducteur ordinaire, il y a deux fois autant de dents sur le stator que sur le rotor. S'il y a m dents de rotor et si l'on appelle N la vitesse (en tours par minute) la fréquence f sera égale à $m \frac{N}{60}$. L'alternateur français offre la particularité sui-

vante : il existe $(2n+1)m$ dents sur le rotor et $2m$ sur le stator. Il en résulte que f a pour expression $(2n+1)m\frac{N}{60}$.

Si $n = 1$, il y a donc $3m$ dents sur le rotor et $2m$ sur le stator ; par conséquent, on triple la fréquence sans réduire la hauteur des dents du stator ou sans augmenter la vitesse du rotor.

Ces alternateurs présentent encore une autre particularité : ils sont renfermés dans une cage imperméable à l'air et tournent dans un vide relatif en vue d'éviter les pertes dues à la résistance de l'air. Le rotor de l'alternateur de 220 kilowatts est un cylindre en acier muni de bagues en acier au silicium pourvues de rainures longitudinales. Le rotor a 1 mètre de diamètre ; il fait 3.000 tours par minute. Ceci donne 300 périodes par tour, correspondant à une périphérie de 314 cm. Il s'ensuit que le pas des pôles sur le stator est égal à 5 mm., ce qui est une distance suffisante. Le rotor est actionné par une dynamo à courant continu de 375 kilowatts. L'armature est formée de 4 sections et la tension est élevée au moyen d'un transformateur sans fer. Les signaux sont émis en court-circuitant les bobines de l'armature.

Des alternateurs de ce modèle à 25 kilowatts ont été installés à la station radiotélégraphique de Lyon et un certain nombre d'alternateurs de 220 kilowatts sont actuellement en cours d'installation à la station de Sainte-Assise près Paris. Les alternateurs Latour-Béthenod de 220 kilowatts ont, dit-on, un rendement de 58 %. Les modèles les plus récents (500 kilowatts) ont un rendement de 67 %. Ces derniers travaillent à des fréquences comprises entre 15.000 et 25.000 périodes par seconde, ce qui correspond à des longueurs d'ondes variables entre 20.000 et 15.000 mètres. Une station de T. S. F. munie de machines aussi puissantes ressemble beaucoup à une centrale de distribution de lumière ou d'énergie, avec cette différence que celle-ci fournit des courants à basse fréquence à des câbles souterrains tandis que celle-là fournit des courants à haute fréquence à une antenne aérienne. A divers égards, l'alternateur à haute fréquence constitue un générateur idéal d'ondes hertziennes longues, et le

fonctionnement des nouvelles stations puissantes, qui utilisent des alternateurs, ne manquera pas de susciter un vif intérêt. En montant en série avec l'alternateur un certain nombre de condensateurs appropriés, afin de réduire la réactance intérieure, les ingénieurs français ont réussi à faire travailler sur la même antenne deux, ou plus de deux alternateurs à haute fréquence montés en parallèle. Les condensateurs servent à diminuer la réactance et par là augmentent les facilités de mise en phase des dynamos.

Le manque de place ne nous permet pas de nous étendre sur l'alternateur H. F. à réaction intérieure Goldschmidt, qui est un des premiers modèles d'alternateurs H. F. capables de fournir une puissante énergie.

En raison des remarquables perfectionnements apportés aux alternateurs à inducteur ordinaires, il est peu probable que l'alternateur Goldschmidt plus compliqué soit fréquemment utilisé à l'avenir, sauf peut-être en Allemagne.

Les générateurs à lampes. — Nous allons parler sommairement d'un quatrième type de générateur qui a été notablement perfectionné au cours des huit dernières années et qui, à divers points de vue, est le plus intéressant de tous ; il s'agit de la lampe génératrice. Il a été écrit tant de choses sur ce sujet qu'il serait superflu de s'étendre sur son principe et sur son histoire.

La lampe à trois électrodes présente une très grande importance en raison de ce qu'elle est une machine réversible dans le sens thermodynamique du mot ; elle peut fonctionner soit comme un détecteur, soit comme un amplificateur des oscillations électriques ou, inversement, comme un générateur d'ondes hertziennes. Son fonctionnement est basé sur une copieuse émission d'électrons qui s'échappent d'un filament incandescent en tungstène ou d'un fil de platine revêtu d'oxyde de baryum, de calcium ou de strontium. L'émission électronique peut atteindre un ampère par centimètre carré de surface. Le courant d'électrons circule entre le filament chauffé et une plaque cylindrique froide. Dans le modèle à trois électrodes, les électrons traversent une

grille interposée entre le filament et la plaque. Le potentiel de cette grille influe sur la décharge électronique; on transforme la lampe en générateur d'oscillations en couplant les circuits de grille et de plaque de telle façon que si le courant de plaque augmente la grille devienne positive et que son potentiel soit négatif lorsque le courant de plaque diminue. Sous certaines conditions, des oscillations se produisent alors dans le circuit de plaque ; leur énergie est entretenue par une force électromotrice produite par une source de courant continu intercalée dans le circuit de plaque. Il en résulte que pour obtenir un fort débit d'énergie, il faut que le filament présente une grande surface, ce qui implique un fort courant de chauffage et partant une lampe volumineuse. En raison de la fragilité des ampoules en verre, on se sert fréquemment de lampes en silice. Pour que les électrons passent facilement du filament à la plaque, il faut que le potentiel de celle-ci soit très élevé ; pour cela, on utilise un transformateur statique qui change le courant alternatif à basse fréquence et à tension faible en un courant à 5.000 ou 10.000 volts qui est ensuite redressé à l'aide d'une ou plusieurs lampes à deux électrodes (valves de Fleming). On peut monter en parallèle plusieurs lampes oscillantes et alimenter les plaques au moyen d'une batterie de redresseurs à lampes. Ce dispositif porte le nom de panneau de lampes (valve panel); il permet de mettre facilement jusqu'à 150 kilowatts dans l'antenne. Les oscillations ainsi obtenues sont rigoureusement sinusoïdales, et par suite permettent de réaliser une syntonie parfaite.

En calculant convenablement les circuits, on peut obtenir des rendements qui atteignent 75 % et plus ; par conséquent les émetteurs à lampes peuvent rivaliser avec les alternateurs H. F. ; ils sont supérieurs aux générateurs à arc.

En outre, du fait que les courants de grille sont extrêmement faibles, la commande des intenses courants d'antennes produits par les lampes génératrices est grandement facilitée ; il s'ensuit qu'il n'y a pour ainsi dire pas de limite imposée à la vitesse de transmission du moins en ce qui concerne le poste de départ. Enfin il ne se produit pas de pertes d'énergie entre deux signaux

successifs, puisqu'alors le courant de plaque est tombé à zéro. Dans le rapport du Comité impérial de T. S. F. présenté au parlement en juin 1920, les experts ont su faire ressortir les avantages des postes émetteurs à lampes et ont chaleureusement recommandé leur adoption pour les stations à longue distance de la Chaîne Impériale anglaise.

La Compagnie Marconi vient de faire installer un grand panneau de lampes génératrices à la station de Clifden ; elles remplaceront le générateur d'étincelles en service jusque-là. Le panneau comprend 12 lampes M T 2 ayant chacune une puissance de 5 à 7 kilowatts. Les ampoules ont un diamètre de 18 cm. et une hauteur de 30 cm. Pour chauffer les filaments, il faut un courant de 10 ampères sous 20 volts ; le potentiel des plaques est maintenu entre 10.000 et 20.000 volts au moyen de dynamos à courant continu montées en série. Le courant de plaque est de l'ordre de 200 milliampères pour un potentiel de 10.000 volts. Avec neuf lampes en parallèle, on obtient un courant de plaque total de 3 ampères 1/2 pour 18.000 volts de tension de plaque. Donc, courant de chauffage compris, l'énergie dépensée atteint 62 kilowatts. Un pareil tableau de lampes met 47 kw. 3 dans l'antenne, ce qui correspond à un courant d'antenne de 260 ampères en supposant que la résistance totale de l'antenne soit de 0 ohm 7. On atteint ainsi un rendement voisin de 75 °/₀.

Le générateur à lampes de Clifden donne une onde sinusoïdale parfaite ; les signaux sont facilement reçus au Canada et aux États-Unis. Les résultats obtenus avec ce dispositif ont encouragé la Cie Marconi à installer un émetteur encore plus puissant à Carnavon ; il comprend 56 lampes MT 2 et a donné d'excellents résultats. On a obtenu des courants d'antenne de 350 ampères, ce qui correspond à l'application de 160 kilowatts à l'antenne.

Les ingénieurs de la Compagnie pensent qu'avec quelques lampes supplémentaires, ils pourront obtenir facilement des courants d'antenne de 1.000 ampères et plus, ce qui, à n'en pas douter, permettra d'organiser un bon service commercial avec les antipodes.

On voit, par ce qui précède, que l'avenir des postes à lampes est assuré. Outre que les frais de premier établissement sont moins élevés que pour un poste à arc ou à alternateurs, il n'est pas nécessaire de doubler complètement l'installation, car il est à peu près certain que les lampes ne seront pas mises hors service toutes à la fois.

Pouvoir rayonnant des antennes. — Quand on étudie le problème des transmissions à très grande distance, une question très importante se pose : celle du pouvoir rayonnant des antennes.

On peut comparer le fil d'antenne d'une station émettrice au filament d'une lampe à incandescence, en ce sens que nous lui appliquons une certaine énergie électrique et que nous n'en recueillons qu'une partie sous forme de radiations ayant une longueur d'onde voulue. Le gros de l'énergie est dissipé dans les circuits sous forme de chaleur. Quand il s'agit de fortes énergies, la forme de l'antenne présente une grande importance, car on peut en déduire les pertes d'énergie qui s'y produiront. La résistance au rayonnement des antennes est généralement donnée par la quantité numérique par laquelle on doit multiplier le carré du courant dans l'antenne pour obtenir le rendement utile en watts. La résistance de frottement R multipliée par le carré du courant d'antenne donne la quantité d'énergie dissipée sous forme de chaleur. Par suite, le rendement d'une antenne est égal à $\frac{r}{(r + R)}$. Dans les débuts de la T. S. F., le rendement de l'antenne n'était guère supérieur à 2 ou 3 %; mais lorsqu'on a envisagé les transmissions à longue distance, il a bien fallu rechercher le moyen d'augmenter ce faible rendement.

Les inventeurs se sont efforcés de diminuer la résistance ohmique ou résistance de frottement des antennes et des plaques de terre ou capacités d'équilibre, cause principale de la diminution du rendement.

M. Alexanderson, en inventant son antenne multiple, a procuré une certaine amélioration. Si l'on considère l'antenne horizontale Marconi, avec la descente et la bobine d'accord mise à la terre

à travers la génératrice, on voit que la résistance de frottement sera répartie dans la bobine et dans la descente de l'antenne, mais aussi dans les prises de terre et dans la terre elle-même.

On peut calculer approximativement la résistance au rayonnement d'une antenne en L au moyen de la formule

$$r = \frac{1600\, h^2}{\lambda^2}$$

où h représente la hauteur, au-dessus du sol, de la partie horizontale de l'antenne et où λ représente la longueur d'onde. Puisque les pertes par frottement augmentent comme le carré du courant d'antenne, elles s'élèvent rapidement lorsque la capacité de l'antenne croît. Dans le cas d'une antenne multiple, la partie horizontale est reliée à la terre par n descentes. Le générateur est relié à une seule descente ; il s'ensuit que les courants circulent dans tous les autres fils de descente, en phase avec le courant dans la première descente. On peut donc considérer le courant total d'antenne comme réparti entre les n descentes ayant toutes la même résistance, ou encore comme circulant dans une descente unique ayant une résistance égale au n^{ieme} de celle de la première descente. Donc le pouvoir rayonnant passe de $\frac{r}{(r + R)}$ à $\frac{r}{\frac{r + R)}{n}}$. Prenons un exemple. Autrefois, une certaine antenne dirigée de la station de New Brunswick (États-Unis) n'avait qu'une seule descente. La résistance au rayonnement était de un dixième d'ohm environ et la résistance de frottement de 3 ohms, 7 environ. Par suite, le pouvoir rayonnant était sensiblement égal à 2,7 °/₀. En ajoutant six descentes inductives, chacune ayant une résistance de 0 ohm, 6 avec une résistance au rayonnement de 0 ohm, 07, le rendement de l'antenne a été porté à 14 °/₀ $\left(\frac{0,07}{0,07 + \frac{2 \times 6}{6}}\right)$ pour une longueur d'onde de 13.600 m.

Avec accord sur 8.000 mètres, le rendement passait à 30 °/₀. La station géante de Long Island, en cours de construction, com-

prendra 12 antennes multiples mises à la terre, de chacune 2 kilomètres de long et disposées comme les rayons d'une roue autour du moyeu ; elles permettront de transmettre et de recevoir dans toutes les directions. Les oscillations seront produites par des alternateurs H. F. Alexanderson de 200 kilowatts. Le gouvernement polonais, dit-on, a passé un marché relatif à la construction à Varsovie d'une station semblable qui correspondra avec celle de Long Island. On trouvera des renseignements complémentaires sur les antennes multiples dans l'article de M. Alexanderson publié dans les *Proceedings of the Institute of Radio Engineers* (n° 8, p. 263, 1920).

Le Service des recherches de la Compagnie Marconi a trouvé récemment une méthode très ingénieuse qui permet de réduire la résistance de frottement des antennes et d'augmenter d'autant leur pouvoir rayonnant. Cette méthode consiste à employer ce qu'on appelle un *contrepoids*. Voici les renseignements donnés à propos de l'*écran terrestre* de la station de Clifden. Pour une longueur d'onde de 5.700 mètres, l'antenne possède une résistance au rayonnement de 0,05 ; par suite, le rendement est égal à 1 °/₀. Lorsqu'on eut mis le contrepoids en place, la résistance de frottement tomba à 0 ohm, 6 ; le rendement remonta à 8 °/₀. Cette antenne est du type dirigé, mais elle est peu élevée au-dessus du sol. Si la hauteur était portée à 100 mètres, on obtiendrait un résultat bien meilleur puisqu'alors le rendement de l'antenne serait de l'ordre de 40 °/₀. Pour plus amples renseignements se reporter à l'article publié par M. H. J. Round dans *Radio Review* (n° de septembre 1921).

Réception des ondes hertziennes. — En ce qui concerne la réception des ondes radiotélégraphiques, la découverte de la lampe à 3 électrodes et les perfectionnements qui y ont été apportés depuis 17 ans, ont fait tomber en désuétude tous les autres modèles de détecteur. Les remarquables propriétés amplificatrices des lampes à vide et leur étonnante sensibilité lorsqu'elles sont montées en cascade ou avec accouplement réactif, ont positivement révolutionné la réception des ondes hertziennes au cours

des dernières années. Les progrès réalisés sont dus aux découvertes et inventions de nombreux savants de marque ; les ingénieurs sansfilistes d'aujourd'hui ne peuvent se faire une idée des restrictions imposées à la réception des signaux transmis par T. S. F. avant l'emploi des lampes détectrices. Il semble que les possibilités de celles-ci soient sans limite ; mais comme elles ont été décrites dans maints ouvrages techniques, il serait superflu d'en donner ici une nouvelle description. Les signaux transmis par les puissantes stations peuvent être reçus aujourd'hui jusqu'aux Antipodes. La difficulté n'est plus de capter les signaux, mais bien d'éviter d'amplifier les bruits parasites qui sont reçus en même temps que les signaux utiles et qui sont dus à des courants vagabonds dont il sera question un peu plus loin.

La réception directe dans un téléphone, associée à l'emploi d'une fréquence d'un ordre élevé ou d'une fréquence de battement en ondes entretenues, est d'un gros avantage puisque l'opérateur exercé peut distinguer les signaux utiles parmi tous les bruits parasites dus aux atmosphériques, à condition toutefois que ceux-ci ne soient pas d'une intensité anormale. La vitesse de réception est toutefois limitée en pareil cas à 20 ou 30 mots à la minute.

Diverses méthodes de réception automatique ont été inventées. On peut faire de la réception photographique sur pellicule en se servant d un galvanomètre d'Einthoven ; la pellicule est ensuite développée, fixée, lavée et séchée, en un mot rendue utilisable peu de temps après la réception. On peut encore recevoir les signaux sur le cylindre d'un gramophone ou d'un dictaphone, ou bien sur des disques revêtus de cire molle, et cela à la vitesse de 100 mots par minute. Le disque (ou le cylindre) est ensuite placé sur une machine à répétition lente, ce qui permet à l'employé d'imprimer le message au fur et à mesure en se servant d'une machine à écrire.

De plus, l'ancien télégraphe électro-chimique de Bain, avec sa bande revêtue d'un produit chimique, a été tiré de l'oubli ; les signaux utiles amplifiés peuvent être reçus à la vitesse stupéfiante de 400 mots par minute. Un type d'enregistreur très en vogue,

l'ondulateur (sorte d'enregistreur à siphon), imprime les traits et points du code Morse sous forme de traits à épaulement carré tracés sur la bande par une plume. Il est commandé par un courant redressé et amplifié dans une lampe à vide. Enfin, grâce aux appareils imprimants rapides, tels que le Creed et le Murray, on peut recevoir les messages sur pages et en caractères romains. Les propriétés oscillantes des lampes génératrices ont permis de répandre l'usage de la réception par battements (réception en hétérodyne des ondes entretenues) ; l'opérateur règle lui-même l'onde de battement.

En réalité, c'est la lampe à vide qui a rendu la radiotélégraphie par ondes entretenues possible, rapide et sûre. L'extrême sensibilité des lampes montées en série a encore permis de recevoir sur des cadres, jouissant de propriétés directrices, les ondes émises à longue distance. Ces petits cadres peuvent être protégés contre les risques de brouillage et aussi contre les perturbations dues aux décharges atmosphériques. La transmission en duplex est ainsi devenue possible ; il est d'usage courant aujourd'hui de construire à quelques kilomètres l'un de l'autre le poste émetteur et le poste récepteur d'une même station, en sorte que l'émission et la réception se font en même temps. Quant à cette dernière, le problème le plus important reste encore à résoudre ; c'est l'élimination des atmosphériques qui obligent à de fréquentes demandes de répétition des messages ou de certains mots, ce qui retarde l'écoulement du trafic et occasionne de grosses dépenses superflues.

Propagation des ondes électromagnétiques autour de la terre. — Lorsqu'en 1901 et 1902 la télégraphie transatlantique sans fil a été un fait accompli, les physiciens s'en étonnèrent surtout parce qu'ils ne voyaient pas très bien comment elle était possible. L'étonnement ne fit que croître lorsqu'un peu plus tard on réussit à faire franchir aux signaux le quart du méridien terrestre, puis lorsque les puissantes stations purent se faire entendre des postes récepteurs à lampes situés aux Antipodes.

Lorsque Poldhu commença de fonctionner, les longueurs d'onde utilisées étaient de l'ordre de 950 mètres ; elles n'ont

jamais été mesurées exactement. La terre ayant un diamètre de 12.745.000 mètres environ, le rapport entre ce diamètre et la longueur d'onde employée était égal à $\frac{1}{14.000}$ environ.

Dans le cas d'une onde lumineuse, il se produit une légère diffraction lorsqu'elle rencontre un corps opaque. En d'autres termes, il se produit dans la zone géométrique d'ombre une vague lueur. La longueur d'onde moyenne des rayons lumineux est sensiblement égale à $\frac{1}{2.000}$ de millimètre, et une sphère de 7 mm. de diamètre représenterait 14.000 de ces longueurs d'onde. Or, supposons qu'une source lumineuse très faible soit placée à l'un des pôles d'une sphère de 7 mm. de diamètre, dans une région sombre ; il est certain qu'il n'y aurait aucune lueur à l'équateur de la sphère. En d'autres termes, il n'y aurait pas de diffraction sensible à une distance angulaire de 90°. La T.S.F. moderne utilisant des longueurs d'onde de 16 kilomètres environ permet de communiquer avec les Antipodes.

Il était donc très intéressant d'étudier la question de la diffraction des grandes ondes électromagnétiques autour d'une sphère conductrice ou semi-conductrice, au pôle de laquelle se trouverait un oscillateur de Hertz. Le problème consistait à trouver une formule mathématique exprimant la valeur des forces magnétiques et électriques en un point quelconque de la sphère éloigné de l'oscillateur d'une distance angulaire θ. La question était ardue ; elle fut abordée par plusieurs mathématiciens éminents et a provoqué d'ardentes controverses. Elle fut traitée successivement par le professeur H. M. Macdonald (1903), par lord Rayleigh, puis par M. Poincaré. Le professeur Macdonald avait trouvé une diffraction considérable, ce qui provoqua la critique des deux autres mathématiciens. Macdonald recommença ses calculs et constata qu'à de grandes distances angulaires la diffraction était certainement très faible. En 1910, il reprit l'étude de la question et consigna les valeurs numériques trouvées pour des longueurs d'onde de 320 et 400 mètres, sur un tableau qui indiquait, pour différentes distances angulaires, le rapport entre



l'amplitude des oscillations au poste récepteur et leur amplitude au même point, la terre étant supposée déplacée. Ses calculs portaient sur des longueurs d'onde bien moins grandes que celles employées couramment aujourd'hui ; or, comme la diffraction varie beaucoup d'après la longueur d'onde, ces premiers résultats numériques ne présentent actuellement aucun intérêt. Le sujet fut repris par le professeur Nicholson [*Philosophical Magazine* : vol. 19 et 20 (1910) et vol. 21 (1911)] ; l'analyse mathématique provoqua des discussions entre les deux professeurs Macdonald et Nicholson. Les résultats auxquels ils arrivèrent chacun de leur côté ne concordaient pas. Le Dr. Van der Pol releva dans les calculs de Nicholson une légère erreur qui, une fois corrigée, laisse une formule concordant mieux avec celle trouvée par Macdonald pour de faibles distances. Le problème de la transmission des ondes électromagnétiques autour de la terre fut remis en discussion par le professeur A.E.H. Love en 1914. Les résultats qu'il a trouvés concordent avec les conclusions de Macdonald. En supposant que la terre soit un conducteur parfait, Love était d'accord avec Macdonald quant au rapport des forces magnétiques et électriques aux deux distances angulaires envisagées, lorsque ces distances portées sur un arc de méridien n'étaient ni inférieures à 6 ou 7 degrés, ni supérieures à 20 degrés environ.

La solution mathématique du problème de la diffraction des ondes électriques autour d'une sphère conductrice (le poste émetteur étant au pôle) consiste à exprimer, au moyen d'une série de termes harmoniques, les forces électriques et magnétiques à une distance angulaire quelconque θ. C'est lorsqu'il s'agit de totaliser les séries, pour obtenir l'effet total, que des difficultés et des divergences d'opinion se produisent ; la plupart des analystes se contentent d'une certaine approximation.

En 1918, le professeur G.N. Watson refit le total des séries pour permettre de calculer la valeur des forces en un point quelconque d'une sphère mauvaise conductrice.

Les résultats obtenus par Watson concordent parfaitement avec ceux de Nicholson lorsqu'on a fait subir aux calculs de celui-

ci la légère correction indiquée par Van der Pol. On arrive ainsi aux conclusions suivantes :

Soit deux stations réceptrices situées sur un méridien, respectivement à la distance angulaire θ_1 et θ_2 (mesurée en radiants) du poste émetteur. Appelons H_1 et H_2 les amplitudes de la force magnétique à ces deux stations, force engendrée par les ondes électromagnétiques entretenues émises par le poste transmetteur.

D'après Macdonald et Love, on a :

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{\cos\frac{1}{2}\theta_1 \sqrt{\sin\frac{1}{2}\theta_2}}{\cos\frac{1}{2}\theta_2 \sqrt{\sin\frac{1}{2}\theta_1}} e^{47,9\,\lambda^{-\frac{1}{3}}\left(\sin\frac{1}{2}\theta_2 - \sin\frac{1}{2}\theta_1\right)}$$

où λ représente la longueur d'onde.

D'après Nicholson, Van der Pol et Watson, on a :

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{\sqrt{\sin\theta_2}}{\sqrt{\sin\theta_1}} e^{23,9\,\lambda^{-\frac{1}{3}}(\theta_2 - \theta_1)}$$

La différence entre ces deux formules est peu considérable pour des angles tels que $\cos\frac{1}{2}\theta$ soit sensiblement égal à 1 ; dans ces conditions, qui se présentent lorsque θ_2 ou θ_1 ne sont pas supérieurs à 20° environ (c'est-à-dire pour une distance méridienne de l'ordre de 2.000 kilomètres), on peut employer l'une ou l'autre ; quand la distance est plus considérable la deuxième formule est plus exacte.

Comme il est plus facile de tabler sur les courants d'antenne que sur des forces magnétiques, Van der Pol a converti la deuxième formule en la suivante :

$$\frac{I_2}{I_1} = 0,5368 \frac{1}{\sqrt{\sin\theta}} \frac{\alpha_1 h_1 \alpha_2 h_2}{\lambda^{\frac{7}{6}} R_2} e^{-23,9\,\theta\,\lambda^{-\frac{1}{3}}}$$

où I_1 et I_2 représentent respectivement l'intensité, en ampères, des courants à la base des antennes émettrice et réceptrice ; où θ est la distance angulaire (en radiants) entre les deux postes sur le méridien ; où h_1 et h_2 sont les hauteurs des antennes exprimées en kilomètres ; où α_1 et α_2 sont des facteurs indiquant le

rapport entre les courants moyens d'antenne et les courants mesurés à la base ; et où R_2 est la résistance équivalente (résistance au rayonnement comprise) du dispositif de réception, cette résistance étant exprimée en ohms. La formule ci-dessus convient dans le cas d'une sphère bonne conductrice entourée d'une atmosphère parfaitement isolante.

Il est plus pratique de mesurer en kilomètres la distance entre les deux stations ; en ce cas, le facteur exponentiel de la dernière formule devient :

$$e^{-0{,}00376\, d\, \lambda^{-\frac{1}{3}}}$$

Donc, 18 années d'études mathématiques nous ont donné une formule applicable au courant d'une antenne réceptrice d'une résistance donnée, calculé en fonction de la longueur d'onde, de la hauteur des antennes et de la distance entre postes, dans le cas d'une diffraction simple autour d'une terre sphérique de conductivité parfaite. Mais, lorsque nous comparons les résultats théoriques avec les résultats constatés dans la pratique, nous remarquons une différence considérable. Les courants reçus réellement dans les stations à longue distance sont, par rapport aux courants émis, des centaines de mille, voire même des millions de fois plus intenses que la formule mathématique ne le laissait prévoir.

Prenons par exemple le cas cité par Van der Pol et qui se rapporte à la réception à Darien (Canal de Panama) des signaux transmis par la station de Nauen près Berlin. Le Dr. Austin donne les chiffres suivants :

$I_1 = 150$ ampères ; $\lambda = 9.400$ mètres ; $\alpha_1 h_1 = 120$ mètres ; $\alpha_2 h_2 = 146$ mètres ; $R_2 = 29$ ohms ; $d = 9.400$ kilomètres.

L'intensité I_2 du courant réellement reçu était égale à 1 micro-ampère 3, et la valeur tirée de la formule n'est que 6 dixièmes d'un millionième de microampère. En d'autres termes, le courant reçu réellement est ici 2 millions de fois plus intense que ne le laissait prévoir la formule mathématique. En admettant une grossière erreur de mesure du courant à l'arri-

vée, on ne s'explique encore pas pareille différence. On ne peut même pas en voir la raison dans la conductivité limitée de la surface terrestre. Les 3/4 de la surface du globe sont recouverts d'eau salée ; pour des courants à haute fréquence, la conductivité absolue de cette eau est égale à 10^{-11} environ, ce qui équivaut à une résistivité spécifique de 100 ohms par centimètre cube. Néanmoins, des recherches rigoureuses montrent que cette conductivité limitée ne peut contribuer à accroître sensiblement l'intensité des courants reçus dans l'antenne du poste récepteur.

La conclusion qui s'impose est la suivante : la télégraphie sans fil à longue distance serait absolument impossible, disons à des distances égales au quart de la circonférence de la terre, si une cause autre que la diffraction n'obligeait les ondes hertziennes à suivre la surface du globe au lieu de s'en écarter tangentiellement.

En 1900, Olivier Heaviside proposa d'admettre l'existence d'une couche conductive située dans les hautes régions de l'atmosphère et jouant le rôle de guide des ondes hertziennes ; les signaux se déplaceraient dans une mince région où l'air n'est pas conducteur, cette région étant limitée d'une part par la croûte terrestre et d'autre part par une couche atmosphérique supérieure, toutes deux étant bonnes conductrices.

Heaviside ne put fournir aucune raison valable pour expliquer pourquoi cette couche d'air supérieure était et demeurait très bonne conductrice ; bien que son existence ait été admise par la plupart des ingénieurs électriciens, il semble que la proposition d'Heaviside n'ait pas été examinée et critiquée d'assez près. Depuis 21 ans on a recueilli un grand nombre de faits qui prouvent bien que la qualité de la transmission à longue distance dépend de la composition de notre atmosphère et qu'elle n'est pas une simple propagation, dans un espace vide, des ondes électromagnétiques. A ce propos, la constatation faite en 1902 par le sénateur Marconi alors qu'il se rendait en Amérique à bord du « Philadelphia » prit une grande importance : Marconi avait en effet constaté que les signaux émis par Poldhu

étaient perceptibles à .120 km. pendant le jour et à 3.350 km., c'est-à-dire trois fois plus loin, pendant la nuit.

On comprit de suite que cette différence provenait de l'ionisation de l'air par la lumière solaire ; celle-ci dégage les électrons des atomes et donne ainsi à l'air une grande conductivité. C'est depuis peu seulement que cette vague hypothèse a pris corps grâce aux travaux d'Eccles qui en a donné une théorie rigoureusement scientifique. Entre temps diverses suppositions étaient faites qui manquaient d'une base solide ; telle est par exemple l'hypothèse qui considère l'air échauffé par la lumière solaire comme possédant le pouvoir d'absorber les ondes électromagnétiques au même titre que la lumière visible jouit du pouvoir d'absorber les brumes et brouillards.

Avant d'entrer dans la discussion de ces théories, il est bon de mentionner les opinions généralement admises quant à la composition de l'atmosphère terrestre et à son ionisation par la lumière.

On a pu explorer les régions supérieures de l'atmosphère, jusqu'à une altitude de 32 kilomètres environ, en recourant à des ballons-sondes gonflés à l'hydrogène et munis de météorographes enregistreurs. Parmi les résultats obtenus, il en est un qui montre que notre atmosphère peut être grosso-modo divisée en deux régions. Dans la région basse, appelée *troposphère*, les gaz composant l'atmosphère sont parfaitement mélangés par les vents et par la convection. La troposphère s'étend jusqu'à une hauteur de 10 à 12 kilomètres environ au-dessus du sol ; sa température décroît régulièrement au fur et à mesure qu'on s'élève (à raison de 6° centigrade environ par kilomètre) pour descendre finalement à — 55° centigrade. Au-dessus de cette première zone se trouve la *stratosphère*, dont l'épaisseur n'est pas connue et dans laquelle la température est constante. Au delà des 12 premiers kilomètres d'air, on ne trouve plus de vapeur d'eau, et plus haut encore, les phénomènes de convection cessent et les gaz atmosphériques se superposent l'un à l'autre par ordre de densité. Au delà de 100 kilomètres, les couches atmosphériques sont composées principalement d'hélium

et d'hydrogène, avec peut-être des traces de gaz rares (néon et crypton).

La composition, en volumes, de l'atmosphère à la surface terrestre est la suivante :

azote	78,05 %
oxygène	21,00 %
argon	0,93 %
bioxyde de carbone	0,03 %

hydrogène...	1 à 10	volumes dans un million de volumes d'air.	
néon	10	—	—
hélium	1 à 2	—	—
crypton	1	—	—
xénon	0,05	—	—

A 100 kilomètres du sol, l'oxygène est presque complètement absent mais on trouve encore de l'azote très raréfié. La présence de l'hydrogène et de l'hélium à ces altitudes élevées a été constatée par Pickering lors de l'étude du spectre d'un météore qui pénétrait dans l'atmosphère terrestre ; les raies de ces deux gaz étaient parfaitement marquées.

Passons à l'action de la lumière sur ces gaz. Les ondes lumineuses très réfrangibles libèrent des électrons lorsqu'elles frappent un corps quelconque ; l'émission est d'autant plus forte que les corps contiennent des atomes électropositifs en plus grand nombre. On considère aujourd'hui l'atome comme formé d'un certain nombre d'électrons négatifs gravitant autour d'un noyau central chargé positivement et dans lequel principalement réside la masse de l'atome.

Les ondes lumineuses courtes (de faible longueur d'onde) libèrent un ou plusieurs électrons animés d'une très grande vitesse. Plus un atome est électronégatif, plus la fréquence des ondes lumineuses doit être élevée pour agir sur lui. Les électrons ainsi émis portent le nom de photoélectrons ; d'où l'effet photoélectrique.

Dans le cas du sodium ou du potassium, qui sont des corps très électropositifs, des photoélectrons sont émis sous l'action de la

lumière visible environ au milieu du spectre ; mais dans le cas de métaux moins électropositifs (zinc, magnésium, par exemple) l'effet ne se produit que sous l'action des rayons ultra-violets. Il en résulte qu'une plaque de zinc frappée par la lumière d'un arc électrique, ou par celle d'une étincelle qui jaillit entre deux boules en aluminium, perd facilement une charge négative ; si elle est isolée, elle se chargera positivement en perdant un certain nombre de photoélectrons négatifs. La vitesse avec laquelle les photoélectrons quittent le métal est considérable ; elle peut atteindre 500, voire même 1.000 kilomètres par seconde. Il faut dépenser une certaine quantité d'énergie W pour détacher un électron de l'atome ; si l'on représente par m sa masse, et par v sa vitesse initiale, son énergie cinétique maximum sera égale à $1/2\ m v^2$, et l'énergie totale qui lui est communiquée devra être égale à $W + 1/2\ m v^2$. On a constaté que cette énergie totale est proportionnelle à la fréquence de la lumière et à une constante appelée constante de Planck ($= 6{,}55 \times 10^{-27}$ unités C. G. S.). On peut représenter ce travail comme le produit d'une certaine tension V (appelée le potentiel d'ionisation), par la charge e de l'électron ($e = 4{,}8 \times 10^{-10}$ unités électrostatiques ou 16×10^{-21} unités électromagnétiques). Par suite, si nous négligeons l'énergie W, qui est relativement faible, nous obtiendrons l'équation :

$$\frac{V \times 10^8 \times 16}{10^{21}} = \frac{6{,}55 \times 3 \times 10^{10} \times 10^8}{10^{27} \times \lambda}$$

où V, potentiel d'ionisation, est exprimé en volts, et où λ, longueur d'onde de la lumière, est exprimée en angströms (1 angström égale 10^{-8} centimètres. En effectuant, on trouve :

$$V\lambda = 12.000.$$

Pour la plupart des métaux, le potentiel d'ionisation varie entre 2 et 4 volts ; il s'ensuit que la longueur d'onde maximum de la lumière ionisante se trouve juste au delà de la bande violette du spectre visible. Mais pour les gaz atmosphériques, lorsqu'ils sont purs et parfaitement secs, le potentiel d'ionisation est beaucoup plus élevé. Il est approximativement de :

7,5	volts pour	l'azote,
9	—	l'oxygène,
11	—	l'hydrogène,
12	—	l'argon,
16	—	le néon,
20,5	—	l'hélium.

Il en résulte que les gaz atmosphériques ne peuvent pas être ionisés par une lumière ayant une longueur d'onde supérieure à 1.350 angströms. Les rayons d'une aussi faible longueur d'onde ne sont pas transmis par le quartz, mais seulement par certaines variétés de fluorite, et ils sont absorbés par une couche très mince d'air. Aucun des rayons solaires, dont la longueur d'onde est inférieure à 2.950 angströms, n'atteint la surface de la terre, ainsi que l'ont démontré depuis longtemps Huggins et Cornu.

Il faut donc admettre que les gaz atmosphériques, débarrassés de toute poussière, ne peuvent être ionisés par l'action directe des rayons solaires dans la région inférieure de l'atmosphère, mais que, par contre, il y a ionisation directe dans les régions supérieures situées entre 60 et 100 kilomètres au-dessus du sol.

Toutefois, une ionisation faible a lieu dans les régions basses de l'atmosphère ; en effet, on sait que l'air y est médiocrement conducteur ; ce qui prouve qu'il y a des ions négatifs (des électrons libres, ou bien des électrons attachés aux atomes neutres) en même temps que des ions positifs dans l'air, même au-dessus des vastes océans. C'est ainsi qu'au milieu de l'Atlantique, Boltzmann a trouvé dans un centimètre cube d'air 1.150 ions positifs et 800 ions négatifs ; A. S. Eve a trouvé de 600 à 1.400 ions positifs et de 500 à 1.000 ions négatifs par centimètre cube ; on voit que les ions positifs sont légèrement plus nombreux.

L'ionisation peut être due soit à un effet photoélectrique sur la poussière, ou sur les petits cristaux de glace en suspension dans l'air, soit à un corps radioactif renfermé dans le sol, soit, enfin, à l'effet photoélectrique produit sur les molécules gazeuses de l'air ou occasionné par la lumière (grains de condensation).

Mais tous ces phénomènes ne sont pas suffisants pour expliquer la puissante et permanente ionisation nécessaire pour que les couches supérieures de l'atmosphère possèdent une conductivité assez grande qui leur permette de jouer le rôle de guides des ondes électromagnétiques. La conductivité d'un gaz est fonction du nombre d'ions et de la liberté de mouvement dont ils jouissent : s'il existe n_1 ions positifs et n_2 ions négatifs par centimètre cube d'air et si les premiers acquièrent une vitesse de v_1 cm. par seconde sous l'action d'une force électrique d'un volt par centimètre, tandis que les derniers acquièrent une vitesse v_2, alors le courant total dans le gaz sous une tension V aura pour expression :

$$I = (n_1 v_1 + n_2 v_2) e V$$

où V représente le voltage appliqué.

Si nous prenons v_1 sensiblement égal à v_2 et n_1 sensiblement égal à n_2, la formule devient :

$$I = n v e V,$$

où n représente le nombre total d'ions et v leurs vitesses moyennes totalisées acquises sous l'effet de l'unité de force électromotrice. Rutherford a trouvé que pour l'air, dans des conditions normales de température et de pression, la valeur de v est égale à $2 \times 1,4$ cm./sec environ, disons 3 cm./sec et, pour l'hydrogène, à $2 \times 3,9 = 7,8$ cm./sec. Puisqu'un volt égale 10^8 unités électromagnétiques, on a donc pour l'air : $v = \frac{3}{10^8}$ et $e = \frac{16}{10^{21}}$ en unités électromagnétiques. Le rapport $\frac{I}{V}$ représente la conductivité absolue ; par suite, $\frac{I}{n e v}$ représente la résistance spécifique en unités électromagnétiques. Donc, si l'on suppose n égal à 2.000 on aura :

$2.000 \times \frac{3}{10^8} \times \frac{16}{10^{21}} = \frac{96}{10^{26}} = 10^{24}$, conductivité en unités électromagnétiques $= 10^{15}$ ohms de résistivité.

En d'autres termes, la résistance spécifique de l'air, dans des

conditions normales de température et de pression, serait d'environ 1.000 millions de mégohms par centimètre cube.

Même dans le cas où il y aurait 10.000 ions par centimètre cube d'air, la résistance spécifique serait de 50 millions de mégohms, et l'air serait encore un isolant parfait.

Lorsqu'on étudie le problème de la radiotélégraphie terrestre, on se rend compte que s'il existe dans les régions supérieures de l'atmosphère une couche conductrice qui guide les ondes hertziennes autour de la terre, elle doit jouir des propriétés suivantes :

1° Elle doit être ionisée en permanence, de jour comme de nuit, car, autant que nous pouvons le savoir, son effet est sensible dans les régions plongées dans les ténèbres. Ceci semblerait impliquer que l'ionisation doit être d'un certain signe d'une manière prépondérante, ou encore que les ions positifs et les ions négatifs sont tellement loin les uns des autres qu'ils ne peuvent facilement se recombiner.

Une véritable photo-ionisation des gaz produit toujours des ions de l'un et l'autre signe, en nombre égal mais mélangés, et la conductivité disparaît rapidement dès que l'ionisation cesse.

2° La conductibilité électrique résultante doit être suffisamment élevée ; pour que la couche agisse comme un écran, il faut que sa conductivité soit comparable à celle d'une nappe d'eau douce par exemple. Ceci suppose que les ions sont très nombreux et très mobiles, ou qu'ils ont une grande vitesse ionique lorsqu'ils sont mis en mouvement par l'unité de force électrique.

La résistance spécifique de l'eau douce varie entre 1 et 5 mégohms par centimètre cube. Celle de l'eau de mer entre 20 et 100 ohms. L'acide sulfurique étendu d'eau, de conductivité maximum (acide pour accumulateurs), a une résistance spécifique de 6 ohms par centimètre cube. La vitesse des ions gazeux, sous l'effet de l'unité de force électrique, varie sensiblement en raison inverse de la pression du gaz. Si l'on appelle p_0 la densité de l'air à la surface de la terre et p la densité à une altitude de h kilomètres, il est facile de démontrer que :

$$2.3026 \log_{10} \frac{p_0}{p} = \frac{g\,h}{R\,T\,10^5}$$



où g est l'accélération due à la pesanteur, T la température absolue et R la constante du gaz. Or, $R = \frac{83 \times 10^6}{M}$, où M est le poids moléculaire. On peut donc écrire :

$$\log_{10} \frac{p_0}{p} = \frac{M}{2} \times \frac{h}{T}, \text{ approximativement.}$$

Supposons pour plus de simplicité que l'atmosphère ait un poids moléculaire moyen de 20 ; si nous adoptons la température moyenne de 200° absolus, nous trouvons qu'à une altitude de 100 km. la densité de l'air sera les dix millionièmes de sa densité à la surface du globe, environ. La vitesse ionique sous l'unité de force électrique sera donc sensiblement égale à :

$$\frac{28}{10^9} \times 10^5 = 0,0028 \text{ cm/sec.}$$

Donc, s'il y a un million d'ions par centimètre cube, la résistance spécifique sera de :

$$\frac{10^{21}}{16} \times \frac{10^4}{28} \times \frac{1}{10^6} = \frac{1}{10^9} \text{ ohms}$$

c'est-à-dire qu'on pourra écrire :

$$\rho = 20 \text{ mégohms, approximativement.}$$

S'il n'y a que 10^5 ions par centimètre cube, la résistivité sera d'environ 2 mégohms par centimètre cube.

Si l'on veut bien se souvenir qu'au delà du centième kilomètre, l'atmosphère est surtout composée d'hydrogène et que la vitesse mesurée des ions dans l'hydrogène est, pour l'unité de force électrique, de deux à trois fois plus grande que pour l'oxygène ou l'azote à la même pression, on se rend facilement compte qu'à ces grandes hauteurs une faible ionisation (de l'ordre de 10^7 ions par centimètre cube) peut donner une conductivité comparable à celle de l'eau douce, soit 700.000 ohms par centimètre cube.

3° Une autre qualité que doit encore posséder la couche conductrice d'Heaviside est la suivante : pour agir comme réflecteur des ondes longues, cette couche doit avoir une surface

inférieure répondant à certaines conditions. Lorsqu'un rayon passe d'un milieu dans un autre, pour qu'il y ait réflexion, il faut que le changement dans la conductivité ou dans les constantes diélectriques soit très prononcé dans les limites d'une longueur d'onde ou d'une longueur approchante. Si la transition est graduelle ou irrégulière, il n'y aura pas de réflexion. Appelons T la durée périodique de l'onde et s la conductivité ; le rapport entre l'intensité du rayon réfléchi et celle du rayon incident est sensiblement égal à :

$$1 - \frac{2}{\sqrt{sT}} .$$

Pour une très bonne conductivité ou une longueur d'onde très grande, cette formule se réduit à l'unité. Il s'ensuit que pour guider les ondes hertziennes il ne suffit pas qu'il existe une couche supérieure fortement ionisée, il faut encore que la surface inférieure de cette couche soit nettement délimitée.

Nous avons fait remarquer plus haut que les observations faites relativement à l'intensité des signaux reçus à longue distance accusent une énorme différence entre les valeurs mesurées effectivement et celles tirées de la formule de la diffraction.

On a observé, à diverses reprises, un grand nombre de signaux reçus dans les antennes, signaux émis à 4.000, 4.500 et même 4.800 km. du poste récepteur ; les résultats ont été groupés sous formes de courbes.

On a essayé de trouver une formule empirique permettant de calculer l'intensité des signaux reçus en fonction des autres quantités connues.

Les premières recherches furent faites en supposant à tort que l'affaiblissement des signaux pouvait être imputable à une sorte d'absorption par l'atmosphère, et représentée mathématiquement par un facteur exponentiel ajouté à la simple formule donnée par Hertz pour la force magnétique ou électrique à une distance connue sur le plan équatorial d'un petit oscillateur.

Plus tard, on ajouta un nouveau facteur pour corriger l'effet dû à la courbure de la terre, et on adopta la formule d'Austin-Cohen donnée généralement sous la forme suivante :



$$\frac{I_r}{I_s} = \frac{377\ h_1\ h_2}{\lambda\ d\ R} \sqrt{\left(\frac{\theta}{\sin\theta}\right)}\ e^{-0{,}0015 \times \frac{d}{\sqrt{\lambda}}}$$

où h_1 et h_2 sont les hauteurs effectives des antennes émettrice et réceptrice respectivement ; où d représente la distance qui les sépare et λ la longueur d'onde, toutes deux exprimées en kilomètres ; où θ est la distance méridienne angulaire séparant les deux postes et R, la résistance totale en ohms du circuit de réception. Les nombres 377 et 0,0015 ($= x$) sont des constantes empiriques.

Si dans l'exposant nous substituons θ à d, le facteur exponentiel devient :

$$e^{-9{,}6\ \theta/\sqrt{\lambda}}.$$

Cette formule a été reconnue valable dans le cas d'une distance entre postes inférieure ou égale à 3.200 kilomètres ; toutefois, pour la mettre en concordance avec les résultats expérimentaux, il a fallu y apporter quelques modifications. Quelle que soit d'ailleurs la concordance pour des distances limitées, il ne faut pas oublier que la formule est empirique et qu'elle ne peut être extrapolée en toute sûreté. Lorsqu'on la compare à la formule théorique de la diffraction, on voit que la principale différence provient du facteur exponentiel qui, dans la dernière, est égal à :

$$e^{-23{,}9\ \theta\ \lambda^{-\frac{1}{3}}}$$

Cette expression ayant été admise pour le cas d'une terre sphérique mobile dans un espace libre, il a semblé bon de reprendre le problème de la diffraction, en supposant cette fois qu'il existe, à une hauteur de 100 km. environ, une couche sphérique semi-conductrice enveloppant le globe terrestre.

C'est le professeur G. N. Watson qui entreprit une nouvelle étude de la question. Il a indiqué récemment la solution du problème. Il a trouvé que si, au lieu d'une terre sphérique bonne conductrice, on admettait l'existence d'une terre, ayant une conductivité analogue à celle de l'eau de mer, et entourée, à une

distance de 100 kilomètres à partir de sa surface par une enveloppe sphérique de conductibilité égale à $1,44 \times 10^{-15}$ unités électromagnétiques, c'est-à-dire ayant une résistance spécifique de 700.000 ohms par centimètre cube approchant de celle de l'eau douce, alors la formule de la diffraction applicable au courant dans l'antenne réceptrice devait être modifiée et son facteur exponentiel $e^{-23,9\ \theta\lambda^{-\frac{1}{3}}}$ changé en $e^{-9,6\ \theta / \sqrt{\lambda}}$. Dans ce cas, la formule se trouve concorder exactement avec celle d'Austin-Cohen. Watson en conclut que si l'on peut supposer l'existence d'une couche conductrice [ayant une surface inférieure déterminée, une résistance spécifique de l'ordre de 700.000 ohms (soit 0,75 mégohm par centimètre cube)], située à 100 km. environ au-dessus du sol, alors on pourra attribuer à la propagation des ondes dans la couche d'air isolante, l'affaiblissement constaté des signaux radiotélégraphiques à longue distance.

Il nous faut examiner les probabilités et possibilités d'existence d'une pareille couche conductrice située à environ 100 km. du sol, et ensuite comment elle peut devenir ionisée.

A remarquer en passant que la simple raréfaction d'un gaz n'entraîne pas en soi une variation de la conductivité. On dit quelquefois que les gaz à une pression égale ou inférieure à 1 mm. sont bons conducteurs, en raison de la facilité avec laquelle se produit une décharge sans électrodes dans un milieu gazeux soumis à l'action d'un puissant champ magnétique alternatif.

La conductivité des gaz est toujours et seulement due à la présence des ions, et, dans le cas ci-dessus, les ions sont libérés par les puissantes forces électromotrices mises en jeu. Lorsque les gaz sont renfermés dans des vases en verre, il existe toujours pour quelque raison, plusieurs ions ou électrons. Si l'on fait agir sur le gaz un champ magnétique à haute fréquence, les ions sont projetés violemment contre les molécules du gaz et les ionisent, ce qui se traduit par un relèvement rapide du nombre des ions et par une plus grande conductivité du gaz. Toutefois, on ne peut pas dire qu'un gaz raréfié est un bon conducteur *en soi* pour des forces électromotrices appliquées très faibles, comme

on pourrait le dire d'un métal. Par suite, la simple raréfaction n'expliquerait pas la conductivité électrique des très hautes régions atmosphériques. L'ionisation requise ne peut pas non plus être produite par la lumière solaire, puisqu'en se recombinant la nuit, les ions la feraient cesser.

L'hypothese que je désire avancer relativement à la cause de cette ionisation, repose sur une modification des hypothèses faites autrefois par S. Arrhenius, K. Birkeland et par W. J. Humphreys et se rapportant à la projection des poussières par la pression lumineuse du soleil.

On sait que la photosphère solaire est en état perpétuel d'agitation, sans doute par suite des explosions violentes qui se produisent au-dessous de la source lumineuse. Au-dessus de la photosphère se trouve la « couche d'inversion » composée de vapeurs métalliques qui produisent les raies de Frauenhofer dans le spectre solaire. Les éruptions produisent non seulement des vapeurs métalliques, mais encore des masses énormes de la chromosphère composée principalement d'hydrogène et d'hélium, sous forme de proéminences solaires ou de flammes rougeâtres qu'on voit parfois s'élever en quelques minutes à des hauteurs de plusieurs centaines de mille kilomètres, ce qui indique des vitesses de l'ordre de plusieurs centaines de kilomètres par seconde. Lorsque les vapeurs métalliques solaires sont ainsi transportées dans des régions glacées, elles se condensent fatalement pour former une sorte de brouillard ou de pluie métalliques, formés de particules ayant des dimensions variables. La théorie et l'expérience s'accordent pour reconnaitre l'existence d'une pression exercée sur les corps solides par la lumière ; on sait que pour des corps noirs, c'est-à-dire pour des corps qui absorbent en totalité les rayons lumineux, cette pression par centimètre carré est numériquement égale à l'énergie lumineuse par centimètre cube. Des mesures de la « constante solaire » ont été faites à la surface du globe ; en tenant compte de l'absorption atmosphérique, on a trouvé 2,5 calories-grammes par centimètre carré et par minute. Il en résulte que l'énergie lumineuse par centimètre cube est sensiblement égale à $\frac{6}{10^5}$ ergs et, par

suite, que la pression lumineuse est de l'ordre d $\frac{6}{10^5}$ dynes par centimètre carré de surface noire. Or, à la surface du soleil, cette pression est 46.000 fois plus forte (2,75 dynes par cm^2), et comme cette pression varie comme le carré des dimensions linéaires de la particule alors que la gravitation varie comme leur cube, il est clair que lorsque les dimensions de la particule diminuent, il arrive un moment où la pression lumineuse fait équilibre à l'attraction des masses.

Il est facile de démontrer qu'à la surface du soleil, ou au voisinage immédiat de sa surface, des particules noires ayant la densité de l'eau seront juste repoussées si elles ont des diamètres de 15.000 angströms, c'est-à-dire de $\frac{150}{10^6}$ centimètre.

Si leur densité est de 5,5, le diamètre critique sera de 2.700 angströms. Mais si leur diamètre est de 1,600 angströms seulement, et leur densité égale à l'unité, alors la pression lumineuse sera 19 fois plus grande que la force d'attraction des masses. Pour des diamètres plus faibles encore, la pression lumineuse s'abaissera davantage, et pour des diamètres de l'ordre de 500 angströms, la gravité deviendra de nouveau prépondérante (voy. fig. 2).

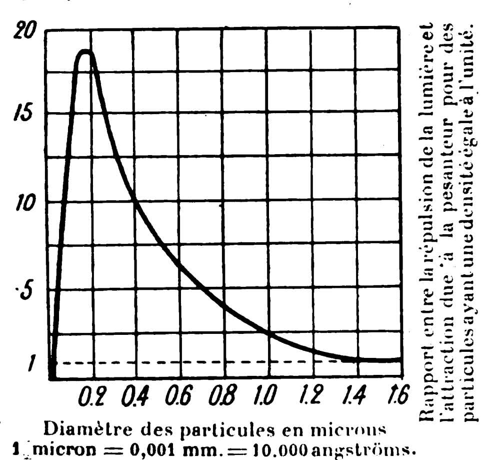


Fig. 2. — Courbe représentant la variation du rapport entre la pression de la lumière et la gravitation pour des particules de différents diamètres mais ayant une densité égale à l'unité.

Alors, si les éruptions solaires chassent dans les régions froides des vapeurs qui s'y condensent sous forme de particules liquides ou solides, il se produira aussi un triage des particules. Celles ayant un diamètre supérieur à une certaine valeur seront ramenées vers le soleil ; les autres d'un diamètre plus faible seront chassées au loin par la pression lumineuse ; enfin les particules ayant un diamètre critique resteront suspendues dans l'espace. Arrhénius a émis l'hypothèse que la couronne solaire (« solar corona ») était sans doute composée de particules ayant ce diamètre critique. Si maintenant l'on considère la poussière chassée au loin par le soleil, il est facile de calculer le temps que les particules ayant certaines dimensions mettront pour atteindre l'orbite terrestre, ainsi que les vitesses de déplacement qu'elles possèdent. Si nous supposons que leur densité est égale à l'unité et que leurs dimensions sont de 1.600, 5.000 et 10.000 angströms, nous trouvons qu'elles mettront respectivement 22, 42 et 76 heures pour atteindre l'orbite de la terre, qu'elles rejoindront à la vitesse d'arrivée de 1.700, 780 et 350 km. par seconde respectivement.

Ces particules infinitésimales (composées de charbon détaché de la photosphère, de poussières métalliques provenant de la couche d'inversion, ou encore de cendres volcaniques ou d'autres matériaux solaires), seront en général chargées électriquement. La température très élevée et la radiation ultra-violette à laquelle les particules sont exposées, causeront une violente émission d'électrons. Les vapeurs métalliques se trouveront ainsi en état d'ionisation, et les électrons libres ainsi dégagés, lorsqu'ils traverseront la chromosphère, condenseront autour d'eux des gaz et vapeurs. C'est pourquoi les particules chassées par la lumière solaire sont soit positives, soit négatives ou neutres.

En raison de la tendance des électrons négatifs à condenser les vapeurs et à s'attacher aux groupes de molécules, les particules chargées négativement seront moins denses et moins volumineuses que les particules chargées positivement. Toutefois, il convient de remarquer que les molécules ou électrons isolés ont

des diamètres beaucoup trop faibles pour être repoussés par la lumière ; seuls les groupes de molécules ayant un diamètre au moins égal à 500 angströms peuvent l'être. C'est d'ailleurs pourquoi les particules qui s'écartent du soleil voyagent avec des vitesses si différentes ; les unes se déplacent avec une vitesse énorme, les autres à une vitesse faible.

En résumé, tel une bonne ménagère, le soleil déteste la poussière, surtout la poussière très fine ; il la chasse avec une grande force. Au moment où la poussière électrisée pénètre dans le champ magnétique terrestre, des forces sont engendrées qui tendent à séparer les particules chargées négativement des particules chargées positivement. Appelons H la force magnétique terrestre, v la vitesse d'une particule et e sa charge ; la force de séparation est égale à $H\,e\,v$, où H est la composante de la force magnétique perpendiculaire à la direction de v ; la force est également perpendiculaire au plan de H et de v.

La viscosité de l'atmosphère est une deuxième cause de la séparation des poussières chargées positivement d'avec celles qui sont chargées négativement. On peut définir grosso modo la viscosité d'un gaz, le pouvoir qu'il possède de s'opposer au déplacement des fines particules qui tendent à s'y mouvoir. Il y a fort longtemps que Maxwell a démontré que, dans de larges limites, la viscosité d'un gaz est indépendante de la pression. Crookes, ayant repris les recherches, a démontré qu'entre la pression atmosphérique et une pression de l'ordre d'un dixmillième d'atmosphère, la viscosité reste constante, mais que si la pression diminue encore, la viscosité tombe rapidement à zéro. Enfin, Maxwell et Crookes ont reconnu tous deux que la viscosité de l'hydrogène est environ la moitié de celle de l'oxygène ou de l'azote (voy. fig. 3).

A 760 mm., la viscosité de l'air est égale à 0,00018 unités C. G. S.. Sir George Stokes a démontré que si une petite sphère de diamètre d et de densité σ, tombe à travers un gaz de densité ρ et de viscosité μ sous le seul effet de la pesanteur, elle atteindra une vitesse finale v telle que :

$$v = \frac{1}{18} \times \frac{d^2 g}{\mu} (\sigma - \rho)$$

où g représente l'accélération. Ceci explique la vitesse très faible avec laquelle tombent les gouttelettes d'eau composant les nuages et aussi le déplacement très lent des fines poussières flottant dans l'air.

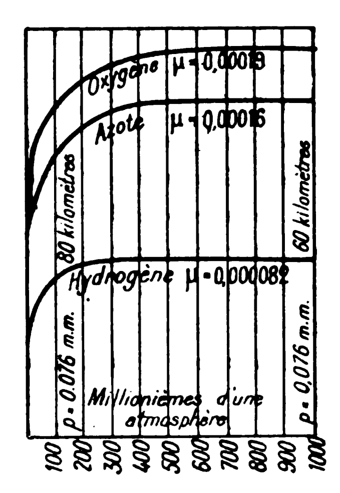


Fig. 3. — Variation de la viscosité avec la pression pour divers gaz (Crookes).

Les particules de poussière solaire chargées positivement sont probablement plus volumineuses que les particules chargées négativement car celles-ci sont formées d'électrons entourés de molécules gazeuses (molécules d'hydrogène et d'hélium, vraisemblablement) arrachées à la chromosphère solaire. Par suite, les ions négatifs trouveront plus vite que les particules positives leur position de repos, et la viscosité du gaz aidera beaucoup à la séparation des unes et des autres. Stokes a démontré qu'une particule très petite de diamètre d, se déplaçant à la vitesse v dans un gaz de viscosité μ, perd de l'énergie cinétique à une vitesse de $3 \pi d \mu v^2$. En appelant m la masse de la particule, on a :

$$m v \frac{d v}{d t} = - 3 \pi d \mu v^2.$$

La solution de cette équation est la suivante :

$$v = V_0 \cdot e^{-3 \pi d \mu \frac{t}{m}}$$

où V_0 représente la vitesse initiale. Remarquons que la particule est pratiquement au repos quand $v = 1$ cm. par seconde ; nous avons alors pour le temps t que met la vitesse pour tomber de V_0 à 1 cm. par seconde :

$$t = \frac{m}{3 \pi d \mu} \log_e V_0 = \frac{d^2}{6} \frac{\rho}{\mu} \log_e V_0$$

où ρ représente la densité de la particule.

Toutefois, les formules ci-dessus ne sont qu'approximativement exactes. Les formules de Stokes s'appliquent à des sphéroïdes et non à des particules de forme irrégulière. Donc, si le diamètre de la particule est très inférieur au libre parcours moyen d'une molécule gazeuse, l'expression convenable de la résistance de frottement n'est plus $3 \pi d \mu v$, mais bien $\frac{3 \pi d \mu v}{1 + \frac{2 \alpha L}{d}}$ où L représente le libre parcours moyen d'une molécule et α une constante qui varie suivant la nature et la forme de la particule.

Donc, si des particules de poussière pénètrent dans les couches d'hydrogène très raréfiées de l'atmosphère supérieure, elles ne subiront qu'un retard insignifiant jusqu'au moment où elles atteindront le niveau (région située à plus de 100 km. du sol) où la viscosité commence à augmenter rapidement pour atteindre bientôt sa valeur maximum, puis elles seront bientôt immobilisées en dépit de leur grande vitesse initiale.

Aussi, aucune particule ne descendra au-dessous d'un certain niveau qu'on peut situer à 60 ou 80 km. au-dessus du sol. Elle sera arrêtée et maintenue par la viscosité de l'air. Au moment où sa vitesse tombe à zéro, les forces qui tendent à séparer les particules de signe contraire diminueront également et les particules se neutraliseront mutuellement. On peut en conclure que le résultat sera le suivant : la couche très conductive de l'atmosphère terrestre aura une surface inférieure assez nettement définie par la vitesse très rapide à laquelle la viscosité de l'air croît avec la pression. Il s'ensuit fatalement que lorsque les particules atteignent un certain niveau de l'atmosphère, leur progression vers la terre se trouve pratiquement arrêtée.

Cependant, la région située au-dessus du sol restera imprégnée d'ions négatifs petits et légers, qui se meuvent plus ou moins rapidement dans des directions obliques par rapport aux méridiens magnétiques terrestres et qui se déplacent, suivant un mouvement hélicoïdal, vers les régions des pôles magnétiques. L'explication détaillée d'un grand nombre de phénomènes astronomiques, météorologiques, magnétiques et électriques a été donnée (en se basant sur l'hypothèse des particules solaires électrifiées projetées par la pression de la lumière du soleil vers la terre), par S. Arrhénius, K. Birkeland et W. H. Humphreys, ainsi que par d'autres savants ; le temps nous manque pour passer en revue les conclusions qui découlent de leurs travaux déjà publiés. Cette hypothèse paraît confirmée par les observations de Newcomb, Yntema, Abbott et W. W. Campbell qui ont constaté que par nuits claires sans lune, le ciel nous envoie une quantité de lumière plus grande que celle qui tombe des étoiles et que ce supplément est notablement plus grand près de l'horizon qu'au zénith, ainsi que par les observations spectroscopiques qui révèlent la présence des raies vertes des aurores boréales dans toutes les régions des cieux tropicaux par les nuits sans lune.

Mais il ne suffit pas d'admettre l'existence d'une couche atmosphérique supérieure restant conductrice en permanence ; en effet, nous sommes amenés à conclure qu'il doit y avoir, sous elle, une région d'ionisation variable sous l'effet de la lumière solaire ; cette couche inférieure est ionisée le jour dans la partie située au-dessus de la vapeur d'eau constituant les nuages ; la nuit elle se désionise plus ou moins.

Le Dr. Eccles a supposé l'existence d'une région atmosphérique dans laquelle des ions ayant une masse moléculaire sont présents, qui sont formés probablement grâce à l'action de la lumière ultra-violette sur des groupes moléculaires photoélectriques, et il en a tiré certaines conclusions. La présence de ces *ions lourds* a pour conséquence une réduction de la constante diélectrique et par suite un accroissement de la vitesse des ondes électriques dans la région ionisée.

Cette action peut être expliquée par une analogie magnétique. Si des billes de fer se trouvent placées dans un champ magnétique elles seront aimantées, mais, sous l'effet des pôles libres, la force d'aimantation sera plus faible en ce point que si le fer n'existait pas. Il s'ensuit que l'aimantation produite n'est pas celle qui correspond aux forces magnétisantes appliquées, mais à une force magnétisante réduite.

De la même manière, s'il existe des ions lourds dans l'air, leur groupement sous l'effet du champ magnétique réduit la force électrique effective de l'espace qu'ils occupent, ce qui équivaut à une diminution de la constante diélectrique moyenne. Mais, la vitesse de l'onde est inversement proportionnelle à la racine carrée de la constante diélectrique ; par conséquent, la vitesse de l'onde se trouve accrue. Il en résulte que si, lorsqu'on s'élève dans l'atmosphère la densité des ions lourds augmente progressivement, la vitesse des ondes électriques dans cette région ira croissant et il se produira ce qu'on a appelé la *réfraction ionique*, qui fait que la partie supérieure d'une onde électromagnétique plane avançant au-dessus de la terre se déplace plus vite que les parties inférieures. Par suite, le chemin suivi par l'onde épousera la courbure du globe terrestre et un rayon électrique s'élevant obliquement pourra fort bien être renvoyé vers la terre, par l'effet assimilable à un mirage renversé.

Les phénomènes compliqués de la transmission non dirigée ; les variations de l'intensité des signaux constatées au lever et au coucher du soleil ; les curieuses anomalies relevées dans la transmission, de jour ou de nuit, de certaines longueurs d'onde ; la variation des portées suivant qu'on transmet dans le sens nord-sud ou dans le sens est-ouest, tout cela a reçu une explication plausible en se basant sur l'ionisation variable des couches atmosphériques par la lumière solaire, ainsi que sur les variations de l'ionisation au voisinage de la surface du cône d'ombre de la terre qui balaie l'atmosphère. Au voisinage de cette surface, l'ionisation tendra à devenir irrégulière ; par suite, cette région deviendra plus opaque et son pouvoir réflecteur augmentera ; l'effet produit est comparable à l'effet que l'on constate lors-

qu'il existe dans l'eau un grand nombre de petites bulles d'air : l'eau cesse d'être transparente.

D'après cette théorie, le meilleur rendement des postes de T. S. F. la nuit s'explique par la suppression momentanée de la *réfraction ionique* qui, de jour, renvoie les rayons électriques vers la terre, avec des rayons d'action moindres que celui dû aux propriétés directrices de la couche supérieure ionisée en permanence.

D'autre part, il se produit de curieuses exceptions dans le cas où la transmission s'effectue sur certaines longueurs d'onde. Il y a longtemps que Marconi a fait remarquer qu'avec des longueurs d'onde comprises entre 5.000 et 6.000 mètres, les signaux transocéaniques sont souvent plus intenses le jour que la nuit. Ces anomalies et d'autres signalées par Eccles semblent explicables en se basant sur la théorie de la réfraction ionique.

Mais, il est difficile de vérifier expérimentalement le bien-fondé de ces hypothèses. Les régions de l'atmosphère où ces phénomènes se passent sont hors d'atteinte des ballons-sondes utilisés en météorologie ; de plus, il est impossible de se rendre compte de la véritable répartition des ions dans l'atmosphère. Nous sommes donc obligés de continuer à assembler patiemment les données expérimentales et de nous en rapporter aux déductions rigoureuses tirées des résultats expérimentaux. Toutefois, l'ensemble des phénomènes constatés semblerait indiquer l'existence de trois couches atmosphériques superposées. La première, située entre 80 et 100 kilomètres au-dessus du sol, qui serait ionisée en permanence par des ions négatifs. La seconde (la couche moyenne), dont l'ionisation partielle varie suivant les positions que ses diverses parties occupent par rapport au soleil. La troisième (la plus voisine du sol), faiblement ionisée ; les ondes électromagnétiques qui la traversent auraient leur énergie influencée et plus ou moins réduite, suivant la nature de la surface terrestre au-dessus de laquelle elles circulent. Pour certaines longueurs d'onde, l'absorption considérable est due à la nature du sol et à l'importance de la végétation.

Perturbations radiotélégraphiques occasionnées par les ondes

naturelles. — Dès les débuts de la télégraphie sans fil à longue distance, les difficultés de réception, dues aux ondes électriques naturelles (courants vagabonds) ou aux décharges atmosphériques, étaient considérées par les télégraphistes comme un véritable fléau. Ces ondes parasites gênent la réception au son parce qu'elles brouillent les signaux utiles, et la réception imprimée, ou la réception photographique, par l'inscription de signaux incohérents. Ces bruits parasites (crachements, sifflements), perçus dans l'écouteur téléphonique ont reçu le nom de « friture ». Les décharges atmosphériques par temps d'orage produisent dans le téléphone des craquements assourdissants. Si l'on considère que la pente de la courbe du potentiel positif atmosphérique augmente à raison de 100 volts par mètre d'altitude sensiblement, on voit qu'il n'est pas étonnant que des antennes de plusieurs centaines de pieds soient parcourues par des courants très intenses qui balaient les faibles courants transmissifs des signaux radioélectriques. La force d'un signal, c'est-à-dire le bruit qu'il fait dans le téléphone, se calcule généralement d'après son *audibilité* ; on mesure celle-ci en calculant la résistance S du shunt qui doit être monté en dérivation sur le téléphone de résistance R pour rendre le son inaudible pour une oreille normale. L'audibilité A a pour expression :

$$A = \frac{R + S}{S}.$$

Il s'ensuit que l'audibilité d'un signal est égale à l'unité lorsqu'il est tout juste perceptible. On peut donc mesurer l'audibilité d'un signal utile sur un fond de bruits parasites ; celui-là sera généralement perçu si le rapport entre l'audibilité du signal et l'audibilité des parasites est supérieur à 25 °/₀.

En raison de la gêne apportée par les atmosphériques à la réception des ondes hertziennes, spécialement à certaines heures de la journée et à certains moments de l'année, on s'est attaché à les étudier de très près et à chercher le moyen de les supprimer. Ils sont plus gênants pendant l'été et pendant les heures nocturnes ; plus intenses dans les régions tropicales que dans les

zones tempérées. Le docteur L. W. Austin a dit qu'un poste radiogoniométrique installé à Washington recevait, pendant 2.000 heures par an environ, les signaux émis par les puissantes stations européennes (employant des courants qui atteignent parfois 300 ampères) tellement brouillés qu'ils étaient indéchiffrables. Dans les régions tropicales, sur les circuits à longue distance, il faut parfois appliquer à l'antenne une énergie 6 ou 8 fois plus forte que l'énergie utilisée en temps normal ; il y a même des époques où les communications sont rendues absolument impossibles. Si l'on considère l'effet désastreux de ces périodes d'interruption pour une station commerciale, ou encore pour la sécurité des communications en des périodes troublées (en cas de guerre notamment), on voit que le problème de l'élimination des parasites est peut-être le plus important de tous les problèmes relatifs aux communications sans fil à longue distance. Cette question a fait l'objet d'innombrables brevets. On avait pensé tout d'abord que les courants vagabonds étaient des ondes très amorties ou ayant des fréquences anormales, et qu'on pourrait les éliminer en donnant une syntonie aiguë aux dispositifs de réception, en construisant un circuit récepteur en résonance parfaite. Le champ d'application de ces méthodes était fort limité pour la raison suivante : toute impulsion donnée à l'antenne réceptrice la fait osciller sur sa période naturelle propre.

Plus tard, on fit une série de découvertes en utilisant les propriétés particulières de certains détecteurs (tels que détecteurs à cristal et lampes à 3 électrodes) qui filtrent et redressent les courants qu'ils reçoivent. Une découverte vraiment fort utile fut l'adoption du procédé qui consiste à utiliser des trains d'onde (cas des postes à étincelles) ou des ondes de battement (réception en hétérodyne) ayant une fréquence constante de 500 ou 600 périodes ; on obtient ainsi une note musicale qui caractérise les signaux utiles et qui permet de les distinguer, à l'arrivée, au milieu d'un nombre parfois élevé de bruits parasites dus aux courants vagabonds.

Une autre découverte très intéressante fut celle des fils collecteurs enterrés ou immergés horizontalement. Si l'on enterre dans

un sol humide, ou si l'on immerge une paire de conducteurs d'égale longueur, à un pied ou deux de profondeur, on pourra, avec un détecteur convenable, recevoir les signaux émis par les stations éloignées situées dans une certaine direction, à condition d'utiliser, au centre, un amplificateur à lampes à deux étages. La longueur optimum du fil est sensiblement égale à la longueur d'onde, mais elle varie suivant la capacité, par unité de longueur, du fil employé. Une antenne ainsi enterrée ou immergée est pratiquement à l'abri des courants vagabonds. Chose remarquable, la réception est bien meilleure, lorsque le fil est posé dans un sol humide ou dans l'eau, que lorsqu'il est placé à même un terrain sec. Les signaux sont, il est vrai, plus faibles que dans le cas d'une antenne aérienne ou d'un cadre vertical, mais l'antenne enterrée ou immergée jouit de grandes propriétés directrices et se trouve à l'abri des courants vagabonds.

En combinant un cadre ou une antenne aérienne avec un fil enterré ou immergé, on obtient un système récepteur légèrement supérieur aux antennes ordinaires, précisément parce qu'il souffre moins des atmosphériques. Une autre méthode, préconisée par M. Roy A. Weagant de la Radio Corporation d'Amérique, mais due réellement à M. Franklin de la Compagnie anglaise Marconi, est basée sur l'emploi de deux cadres perpendiculaires l'un à l'autre dans le plan vertical et orientés par rapport à la station émettrice. Ces deux cadres sont accordés au moyen de capacités et d'inductances sur la longueur d'onde des signaux à recevoir, et couplés en opposition avec le circuit récepteur à travers un circuit spécial de couplage. C'est la différence de phase des courants reçus dans chaque cadre qui constitue le signal ; il paraît qu'avec ce dispositif de réception sur cadre double, les perturbations dues aux parasites sont sensiblement réduites. M. Weagant explique cette réduction en admettant l'hypothèse suivante : les parasites du type tourbillonnant, qui sont les plus fréquents en été (dans l'après-midi et le soir en toute saison), se déplacent verticalement entre les régions atmosphériques et la terre. Le docteur Austin n'accepte pas cette hypothèse, mais il existe certaines preuves qui confirment



l'hypothèse de Weagant. Austin a essayé récemment plusieurs méthodes d'élimination des parasites dans le laboratoire de la Marine des États-Unis, à savoir :

1° le système Weagant à double cadre utilisé à Lakewood (New Jersey) ;

2° le système Hoyt-Taylor (cadre et fils enterrés) installé à Belmar (New Jersey) ;

3° le système de la Marine Américaine utilisée à Anacostia River (Washington) ;

4° le système Otter Cliffs utilisé à la station de ce nom, située dans l'État du Maine (États-Unis).

Le Dr. Austin a constaté qu'avec l'un ou l'autre de ces systèmes, la durée pendant laquelle les signaux émis par les puissantes stations européennes étaient illisibles, était réduite de 2.000 heures à moins de 100 heures, en une année.

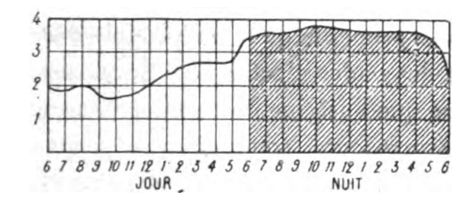
Sans ces dispositifs peu sensibles aux parasites, pendant la période estivale les puissantes stations européennes n'étaient entendues convenablement que pendant 6 ou 7 heures sur 24. Toutefois, nous croyons que la réputation de ces ingénieux dispositifs est un peu surfaite.

Dans un travail intéressant sur la nature et l'élimination des parasites publié par de Groot en 1917, ce savant signale une méthode différente préconisée par Dieckmann et qui consiste à enfermer l'antenne verticale dans une sorte de cage métallique formée de fils placés horizontalement et reliés à la terre de telle sorte que la cage et l'antenne ne soient pas accordées. Cette cage protégerait l'antenne contre les perturbations électrostatiques occasionnées par les nuages chargés d'électricité et contre les variations normales du potentiel atmosphérique, sans pour cela gêner les ondes hertziennes dont le vecteur électrique est perpendiculaire aux fils formant écran.

J. de Groot ajoute que la cage de Dieckmann est utile dans les régions tropicales où elle étouffe les sifflements et grondements perçus d'ordinaire dans les téléphones ; par contre, elle n'élimine pas les craquements secs dus aux décharges atmosphériques (coups de foudre).



Le Dr. de Groot a fait un grand nombre d'observations, en toute saison et à différents moments de la journée, dans les Indes Orientales Néerlandaises (1916). Il a tracé des courbes qui donnent une idée des intensités moyennes des courants vagabonds suivant l'époque de l'année et l'heure de la journée. Un de ses diagrammes représente l'intensité moyenne pour un jour moyen d'une année. La figure 4 représente un des schémas les plus intéressants tracés par de Groot à la suite de ses observations.



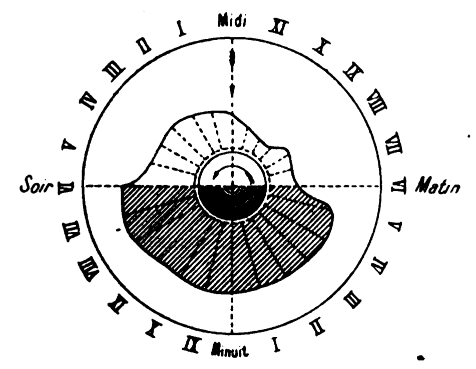


Fig. 4. — Diagrammes de la variation moyenne de l'intensité des « atmosphériques » pendant 24 heures.

Si nous nous supposons placés au-dessus du pôle Nord, nous verrons une antenne verticale, placée à l'équateur, tourner dans le sens contraire des aiguilles d'une montre et le diagramme polaire de l'intensité des courants vagabonds sera une courbe fermée dont le rayon sera minimum vers 10 h. du matin et maximum vers 10 h. du soir. Les rayons de la courbe fermée sont plus petits le jour que la nuit.

Mais alors une question se pose aussitôt : Pourquoi les cou-

rants vagabonds sont-ils plus nombreux et plus intenses la nuit que le jour ?

Nous avons vu qu'il doit exister dans l'atmosphère une région intermédiaire mais déjà très élevée, où les gaz sont ionisés durant le jour par les rayons solaires ultraviolets, et où les ions se recombinent durant la nuit. Cette région est située au-dessous de la couche ionisée en permanence. Dans cette dernière couche, il existe des masses ou groupes errants de poussières solaires chargées positivement ou négativement. Si ces masses s'attirent ou se groupent sous l'effet des attractions électriques, il est probable qu'il se produit des recombinaisons qui engendrent des ondes électriques. Supposez maintenant que nous admettions que l'origine de certains courants parasites soit dans la couche supérieure, conductive en permanence, alors ces ondes électriques naturelles seront gênées dans leur déplacement de haut en bas par la conductivité produite, le jour, par l'ionisation de la couche atmosphérique moyenne. Mais, la nuit, l'ionisation de cette couche moyenne disparaît en grande partie, et les courants perturbateurs ont la voie libre pour gagner la surface du globe. C'est pourquoi, la nuit, ils sont plus nombreux et pourquoi leur effet se fait davantage sentir sur les dispositifs de réception.

Le docteur de Groot admet, lui aussi, que les courants vagabonds prennent naissance dans la couche atmosphérique conductive et il est arrivé par une suite de déductions ingénieuses à situer cette couche à 180 ou 200 kilomètres au-dessus de la surface du globe.

Toutefois, il convient de rapprocher cette estimation des observations relatives aux régions supérieures où se produisent les aurores boréales. Störmer a mesuré avec précision la parallaxe des rayons et arcs des aurores boréales ; une série de 150 mesures photographiques faites en divers points reliés téléphoniquement, prouve que les plus basses se produisent à 40 kilomètres du sol, et les plus éloignées à 260 kilomètres. Toutefois, les résultats dépendent de la latitude du lieu, et la hauteur de la région ionisée par les poussières cosmiques peut être plus grande

à l'équateur terrestre qu'aux pôles. Le sujet est d'une grande importance pour la météorologie et pour l'étude du magnétisme terrestre ; il réclame l'étroite collaboration des physiciens, des astronomes, des météorologistes aussi bien que des ingénieurs en T. S. F.

La question de l'élimination des parasites présente une telle importance pratique que l'on tient généralement secrets, pendant un certain temps du moins, toutes les inventions et tous les perfectionnements se rapportant à ce délicat problème. Récemment le sénateur Marconi a fait allusion à certaines inventions, dues à la collaboration de son personnel technique, qui permettraient de remédier aux interruptions de service occasionnées par les courants vagabonds ; mais, jusqu'ici, les précisions font défaut.

Le temps nous manque pour faire allusion aux travaux exécutés pendant les vingt dernières années par Marconi, Round et Tremellen, Franklin, Eccles, Austin, Hayt-Taylor, de Groot, Fessenden, Weagant et par divers autres chercheurs qui ont abordé l'étude de cette question extrêmement importante.

Le problème de l'élimination totale des parasites est le plus important des problèmes posés en T. S. F. à grande distance, car ils sont plus gênants pour elle que pour la radiotélégraphie à faible distance.

L'éther existe-t-il? — Il n'est pas possible de terminer notre étude sommaire et imparfaite des progrès réalisés en T. S. F. depuis 21 ans, sans dire deux mots d'une autre question fondamentale. La science des communications sans fil est née de la théorie électromagnétique de la lumière due au génie incomparable de J. Clerk Maxwell. Cette théorie suppose l'existence d'un milieu universel, identique à l'éther propagateur de la lumière admis par Fresnel et Young, et où les effets que nous appelons flux magnétique et tension électrique sont propagés sous forme ondulatoire. C'est en essayant de vérifier certaines déductions de Maxwell que Hertz a été amené à nous indiquer le moyen de produire des ondes de Maxwell. Les recherches de plusieurs savants réputés ont fourni la base sur laquelle d'émi-

nents inventeurs ont construit le merveilleux édifice qu'est la Radiotélégraphie moderne. Mais, on a découvert depuis peu un certain nombre de faits qui semblent incompatibles avec la forme originale de la théorie de Maxwell et avec le point de vue initial qui voulait que l'énergie radiante fût uniformément répartie sur le front des ondes et qu'elle fût émise sans arrêt par le corps rayonnant. L'étude des phénomènes cinétiques de l'ionisation par la lumière, de la distribution de l'énergie dans le spectre et de la chaleur spécifique, semblerait prouver que l'énergie d'une onde lumineuse est accentuée en certains points de la surface frontale de l'onde et qu'elle est émise et absorbée en quantités nettement déterminées appelées *quanta*. De plus, aucune parmi les expériences faites jusqu'ici ne nous permet de déterminer un mouvement quelconque de cet éther hypothétique par rapport à la terre ou à n'importe quel autre corps en mouvement. Si le milieu électromagnétique est une sorte d'éther stagnant dans l'espace, et si la terre se meut dans l'éther comme un avion dans l'air, alors c'est un vent éthérique qui souffle dans nos laboratoires dans des directions différentes et parfois avec des vitesses de l'ordre de 30 kilomètres par seconde. Les expériences classiques de Michelson et Morley ont été faites pour préciser si possible l'existence du mouvement de l'éther d'après son influence sur le temps que met la lumière pour aller et venir sur une certaine distance parallèlement et perpendiculairement à ce vent éthérique. Mais, à la grande surprise des physiciens le temps a été reconnu rigoureusement le même dans l'un et l'autre cas, résultat absolument opposé à celui qu'aurait donné l'étude des ondes sonores se propageant dans un air en mouvement. D'autres expériences faites par Lodge, Trouton, Rayleigh et Brace ont donné des résultats également négatifs.

Aussi, certains savants calculateurs et physiciens ont déclaré (ainsi que le professeur Eddington le fit dernièrement à Edimbourg) que « l'éther doit être regardé aujourd'hui comme une hypothèse gratuite que l'expérience ne justifie pas et qui n'explique rien ».

D'autres savants, par contre, considèrent que les données de la physique ne justifient pas cette conclusion.

Nous savons que la lumière, non seulement met un certain temps pour aller d'un point à un autre et révèle des événements qui sont déjà du domaine du passé, mais encore qu'elle véhicule des quantités d'énergie considérables. Un kilomètre cube d'espace situé au voisinage du soleil renferme au moins 300.000 tonnes-pieds d'énergie, c'est-à-dire une énergie suffisante pour lancer au sommet du Mont Blanc une masse de 20 tonnes. En 8 minutes 1/2 des masses énormes d'énergie passent du soleil sur la terre. On peut se demander : « Comment cette énergie est-elle emmagasinée, puis véhiculée *après* qu'elle a quitté le soleil et *avant* d'atteindre la terre ? » Répétons que la lumière exerce une pression sur les objets qu'elle rencontre. Le soleil en rayonnant repousse la terre et les autres corps célestes qui à leur tour réagissent sur le soleil. Dans quoi et où ces efforts réciproques se produisent-ils ?

Les ingénieurs radiotélégraphistes qui considèrent dans tous les cas le côté énergétique d'un problème peuvent se contenter d'adopter les théories des mathématiciens sur la relativité des idées que nous nous faisons de l'espace, du temps, de la vitesse, de l'accélération et d'autres concepts de la mécanique et de la géométrie, mais ils ne renonceront pas volontiers à l'idée que l'espace n'est pas une région vide (*vacuum*), mais qu'il est une région pleine de matière (*plenum*), douée du pouvoir d'emmagasiner et de transmettre de l'énergie Toutefois, il est évident que pour embrasser de nouvelles connaissances, il faut nécessairement que nos idées sur le milieu électromagnétique s'élargissent considérablement. L'éther peut se dérober comme la Princesse charmante des contes de fée, mais c'est le devoir des sciences physiques de trouver des généralisations qui s'accordent avec les faits observés et les expliquent d'une façon rationnelle. Certaines des difficultés pourront être réduites si nous revenons à l'idée de Faraday sur la lumière, à savoir que celle-ci, et, par conséquent, les ondes électromagnétiques, sont des variations qui se propagent suivant les lignes d'une force électrique. Le développement mathématique de cette conception a été traité à fond par Sir Joseph Thomson et interprété par le Dr. Norman Campbell.

Puisque des lignes de force électrique procèdent des électrons, positifs et négatifs, et puisque d'après la théorie de Faraday-Maxwell, ils possèdent une tension T et une masse M par unité de longueur, la vitesse de propagation c le long de ces lignes est donnée par la formule

$$c = T^{\frac{1}{2}} M^{-\frac{1}{2}} = 3 \times 10^8 \text{ mètres par seconde.}$$

L'électron peut donc être considéré comme le centre d'un système rayonnant de lignes (appelées par abréviation *électrolignes*), le long desquelles les vibrations se propagent lorsque l'électron vibre. Donc, pour ainsi dire, toute source de radiation crée son propre éther. Lorsqu'une vibration après avoir quitté la source vibrante y est renvoyée par un miroir, les vibrations se déplacent le long des électrolignes en partant des électrons de la source, puis reviennent en suivant ces mêmes lignes, mais en partant des électrons du miroir. Par conséquent, si une source et un miroir sont reliés entre eux d'une manière rigide, le temps que met une vibration, pour aller de la source au miroir et pour regagner la source (comme dans l'expérience de Michelson-Morley), sera tout à fait indépendant de la façon dont le système est entretenu en mouvement.

En se plaçant à ce point de vue, on peut considérer l'espace comme rempli de ces électrolignes entrelacées et comme ayant une structure fibreuse. Mais si cette hypothèse explique certains faits, elle soulève probablement plus de difficultés qu'elle n'en résout. Il nous faut attendre un nouveau Newton ou un nouveau Maxwell, dont le génie dissipera les nuages qui obscurcissent nos conceptions de la structure de l'espace et de la nature de l'énergie rayonnante.

Cependant, l'ingénieur radiotélégraphiste se trouve en présence de phénomènes qui sont à la limite de notre science finie et de notre ignorance infinie. En 21 ans, nous avons domestiqué les forces subtiles de la nature ; nous avons fait du globe terrestre un vaste amphithéâtre, où de nombreuses stations puissantes parlent en même temps aux auditeurs éparpillés sur les régions habitées où des postes récepteurs ont été construits.

Notre espoir le plus cher, notre désir le plus ardent, c'est que ce mode de communication, toujours davantage développé et perfectionné, soit utilisé au bénéfice de l'humanité tout entière et qu'il favorise le règne de la paix et de la bonne volonté entre toutes les nations qui constituent la grande famille humaine.

Problème de la téléphonie internationale

EN EUROPE

En prenant possession, pour l'exercice 1922-1923, du fauteuil présidentiel de la Société britannique des ingénieurs électriciens, M. Frank Gill a prononcé un intéressant discours sur le plus grand problème téléphonique qui se pose en Europe à l'heure présente, celui de la téléphonie internationale.

L'emploi des bobines de pupinisation et des relais téléphoniques implique la surveillance, de bout en bout, de lignes ayant une longueur considérable (plusieurs milliers de km.) Il n'est pas rare qu'une telle ligne soit formée de 6, 8, 10, voire même 15 tronçons différents.

Jusqu'à ces dernières années, une ligne téléphonique à grande distance pouvait être aisément entretenue par des équipes opérant en des points judicieusement choisis. Mais cette facilité d'entretien a disparu le jour où l'on a intercalé des bobines Pupin et des répéteurs sur les longs circuits interurbains ; la construction est devenue très compliquée, et le bon fonctionnement d'une section de la ligne dépend du bon fonctionnement des sections voisines. Il n'est plus possible aujourd'hui d'entretenir en parfait état une seule section de la ligne, car ce qu'on fait sur cette section peut réagir fâcheusement sur les autres ; c'est toute la ligne qu'il faut surveiller.

Ce serait une erreur de croire que nous pouvons tirer profit de l'état actuel de la technique des communications électriques si nous ne prenons pas les mesures qui s'imposent : augmenter les distances sur lesquelles on peut échanger les conversations téléphoniques ; accroitre le nombre des communications, le nombre des circuits ; abaisser les frais d'exploitation ; augmenter la sécurité et la rapidité des conversations.

« Les prix à exiger du public pour qu'il bénéficie de tous ces avantages sont connus pour les différents pays d'Europe. Mais il faut d'autre part unifier les méthodes d'exploitation et d'entretien dans tous les pays intéressés, et parfaire l'éducation technique, non seulement d'un fort noyau d'ingénieurs, mais du personnel tout entier quelle que soit sa catégorie.

« En Amérique, grâce à l'étendue des réseaux, la plupart des abonnés peuvent communiquer à partir de leur poste avec tous les autres postes de la République qui sont au nombre de plus de 14 millions, répartis dans 70.000 centres importants, petites villes ou villages. Tous ceux qui sont bien renseignés s'accordent à reconnaître que, sans le service téléphonique tel qu'il est organisé là-bas, la vie économique des États-Unis ne serait pas parvenue à son développement actuel.

« En Europe, il existe environ 40 organisations téléphoniques, qui assurent le service urbain et le service interurbain à l'intérieur des frontières de chaque pays ainsi que le trafic international en provenance ou à destination de ce pays exclusivement.

« Il n'existe aucune organisation pour surveiller, pour grouper les différentes organisations qui, pourtant, doivent fonctionner comme un tout.

« Il n'existe aucun moyen d'assurer le contact entre organisations distinctes, aucun moyen systématique pour régler les différends qui peuvent surgir à tout instant.

« Il n'existe aucun organe qui ait la haute main sur l'ensemble de ces entreprises ;

« Aucune règle commune relative à la fabrication du matériel téléphonique ;

« Nulle recherche poursuivie en commun ; aucune règle commune à l'exploitation, à la construction et à l'entretien des circuits.

« Il existe en Europe nombre de centres très peuplés et très commerçants dont les affaires prendraient un nouvel essor si des facilités nouvelles leur étaient accordées pour communiquer téléphoniquement les uns avec les autres. Il n'y a aucune difficulté technique s'opposant à la construction et à l'exploitation de lignes à tarifs commerciaux d'un bout à l'autre de l'Europe ; or,

aujourd'hui le service international est insignifiant, lent et peu sûr. Il est certain qu'avec l'organisation actuelle on ne peut songer à exploiter dans de bonnes conditions des circuits internationaux tels que Londres-Stockholm qui feraient intervenir 3 ou 5 pays non-intéressés, ou tels que Londres-Christiania nécessitant l'intervention de 6 pays intermédiaires, ou enfin tels que Londres-Pétrograd avec transit dans 8 pays intermédiaires. Et pourtant, l'idée d'établir rapidement une communication entre Londres et toutes ces capitales n'a rien de chimérique. A vol d'oiseau, la distance entre Bruxelles et Athènes (ou entre Paris et Constantinople) ne dépasse pas 2.100 Km. C'est sensiblement la distance qui sépare New-York de Omaha, Chicago de Salt Lake City. Or nous savons qu'en tout temps, on peut communiquer téléphoniquement entre ces villes. La distance qui sépare Londres de Bagdad est, en ligne droite, comparable à celle qui sépare New-York de San-Francisco. Or on communique tous les jours entre l'Atlantique et le Pacifique sur les circuits du Bell system. Entre Londres et Delhi la distance est la même qu'entre Key-West (Floride) et Los Angeles (Californie) via New-York et San-Francisco. Or, un service régulier fonctionne entre Key West et Los Angeles.

« Il n'est pas exagéré de dire qu'en l'état actuel des choses, on ne peut songer à instituer un service téléphonique international digne de ce nom, et qu'on se trouve placé dans l'alternative suivante : ou bien ne rien changer à la situation actuelle, c.-à-d. se contenter d'un embryon de service international; ou bien, adopter une méthode nouvelle, c.-à-d. organiser un service international par liaisons directes, qui soit à la fois rapide et sûr.

« La tactique à adopter saute aux yeux : il faut charger une organisation unique de faire pour toutes les nations d'Europe ce qu'aucune ne peut faire par elle-même. Ce n'est pas une innovation ; les banques et les compagnies de chemins de fer ont depuis longtemps leurs bureaux de liquidation (clearing houses). Il n'est pas une banque qui ait aujourd'hui l'idée de payer à ses guichets tous les chèques qui y sont présentés. Il existe des virements qui facilitent les transactions, et les établissements financiers en usent tous largement.

« Il ne suffit pas que les organisations séparées essayent de trouver une réglementation à laquelle toutes seront soumises. Si l'on s'en tenait là, on irait à un échec certain. Le trafic est essentiellement variable et capricieux ; il faut l'écouler intelligemment et en prenant rapidement parfois des mesures exceptionnelles imposées par les circonstances ; il faut qu'il soit surveillé de haut par quelqu'un ayant l'autorité nécessaire pour donner les instructions utiles à tout le personnel, même très loin ; il faut que le contrôle soit confié à une autorité qui veille en permanence.

« Les mesures suivantes sont préconisées :

1° Fonder une organisation *de téléphonie à longue distance* qui exploiterait, avec l'autorisation des gouvernements, toutes les lignes téléphoniques à longue distance en Europe ;

2° Confier la direction du service téléphonique européen à une Commission dont les membres seraient nommés par les Gouvernements intéressés ;

3° Fonder une Association qui grouperait toutes les autorités exploitant les téléphones en Europe ; celles-ci discuteraient le problème qui vient d'être posé, et beaucoup d'autres exigeant pour la plupart une parfaite unité d'action ».

CENTRAUX TÉLÉPHONIQUES AUTOMATIQUES
POUR 100 ET 1.000 ABONNÉS

Par M. CHAVASSE,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

L'équipement automatique des réseaux téléphoniques est en voie d'extension dans tous les pays. De nombreux centres urbains en ont déjà été pourvus ; mais, on a songé à faire bénéficier aussi les campagnes et les localités de petite et de moyenne importance des avantages de ce nouveau mode d'exploitation qui est pour elles particulièrement intéressant. Il leur assure en effet la permanence des relations téléphoniques, le jour et la nuit, les jours fériés comme les jours ouvrables, une très grande régularité des mises en communication et une durée d'attente pratiquement nulle. Aussi l'Administration allemande des Télégraphes qui possède de nombreux abonnés dans les districts ruraux s'est-elle préoccupée de les doter de centraux automatiques. Elle a réalisé à cet effet deux types de bureaux dont nous nous proposons de donner ci-après une idée d'ensemble :

A) Les bureaux pour réseaux locaux de moins de 100 abonnés :

B) Les bureaux pour réseaux de 100 à 1.000 abonnés.

Ils sont tous deux équipés suivant un système dérivé du système Strowger, comme d'ailleurs toutes les installations allemandes de téléphonie automatique.

A. — Bureaux pour moins de 100 abonnés.

1) Installation générale

Ces bureaux comportent essentiellement des présélecteurs et des connecteurs : chaque ligne d'abonné aboutit à un présélec-

teur individuel et se multiple sur les champs de contact des divers connecteurs. Ces deux catégories d organes peuvent être associées de façon quelconque grâce au multiplage des lignes intérieures qui les relient.

Le champ de contacts des présélecteurs se réduit à un seul étage de broches qui sont explorées d'un mouvement de rotation saccadé pendant la première phase d'un appel et qui donnent issue sur les connecteurs. Le champ de contacts de ceux-ci est au contraire disposé pour recevoir 100 lignes numérotées de 00 à 99 ; dans les modèles les plus récents, il contient 3 groupes superposés de 10 étages horizontaux de 10 broches chacun, chaque groupe correspondant à l'un des 3 fils qui composent les lignes d'abonnés à l'intérieur du bureau. Les lignes s'y répartissent par étage suivant le chiffre des dizaines de leur numéro et, sur chaque banc de broches, suivant le chiffre des unités. Deux électro-aimants, commandés par les impulsions de courant envoyées du poste demandeur, communiquent aux arbres des connecteurs les mouvements d'élévation et de rotation voulus.

Le processus d'une mise en communication de deux abonnés A et B est, en effet, le suivant : A décroche son récepteur, bouclant ainsi le circuit de son présélecteur qui commence à tourner et à faire le test des connecteurs. Dès qu'un de ceux-ci a été reconnu libre (ce qui a lieu en moins d'une seconde), le présélecteur s'arrête et établit vers lui une communication ; en même temps, A perçoit dans son récepteur un son bourdonnant interrompu à intervalles réguliers ; il est ainsi averti qu'il lui est loisible d'émettre les deux séries d'impulsions composant le numéro désiré au moyen du disque disposé à cet effet sur le support de l'appareil téléphonique. La 1re série élève le bras du connecteur, la 2e le fait tourner des quantités convenables (1 impulsion par étage et 1 pour le passage horizontal d'une broche à une autre), pour l'amener en face des broches de l'abonné B sur lesquelles il s'arrête. Si B est libre, un commutateur spécial envoie alors automatiquement, pendant une seconde toutes les 5 secondes, un courant d'appel au poste B, tandis que A entend un bourdonnement de même durée et de même fréquence et suit en quelque

sorte les différentes phases de la mise en communication. Celle-ci est achevée quand B a décroché.

Si, au contraire, B n'est pas libre ou si aucun connecteur n'est disponible, A est prévenu au moyen du signal d'occupation (bourdonnement continu). L'abonné qui en cours de conversation raccroche son récepteur est immédiatement dégagé et redevient libre de demander à sa guise un autre numéro : l'autre reçoit alors le signal d'occupation précédent.

Un dispositif de test très simple empêche, pendant toute la durée de conversation entre A et B, les présélecteurs d'autres abonnés appelant de s'aiguiller sur le connecteur en service. Un autre dispositif permet de n'enregistrer la communication au compteur de A que si B a répondu et seulement quand A a raccroché.

L'ensemble de ces organes et des relais qui les accompagnent (3 pour les présélecteurs et 10 pour les connecteurs) est fixé sur un ou deux bâtis métalliques suivant le nombre des abonnés. Chaque bâti a une capacité de 50 lignes, c'est-à-dire peut recevoir :

1) *50 présélecteurs* disposés à la partie supérieure en 5 rangées horizontales indépendantes les unes des autres et mises en place progressivement d'après l'augmentation du nombre des abonnés ; de part et d'autre de ces rangées sont des broches de soudure destinées aux liaisons avec les lignes venant de l'extérieur (répartiteur) pour les unes et les lignes des compteurs individuels pour les autres ;

2) *les connecteurs et leurs relais* auxquels 5 places sont réservées au-dessous des présélecteurs ; la quantité de ces appareils à installer réellement est naturellement variable avec l'activité du trafic ; on admet que 30 lignes nécessitent au moins 3 connecteurs. Ce nombre est à modifier suivant les circonstances et résulte des mesures et des statistiques faites sur place. Les connexions des sélecteurs sont réalisées sans soudure à l'aide de contacts à couteaux, pour faciliter la pose et l'échange des appareils ;

3) *une installation d'appel et de signalisation à relais*, destinée

à envoyer aux abonnés les signaux convenables en cours d'appel et à indiquer au bureau le nombre des demandes de communication ayant trouvé tous les connecteurs simultanément occupés. Elle comporte en outre, à proximité du bâti, l'appareil producteur des courants de signalisation, soit, un changeur de pôles ;

4) *des plombs de sûreté* comprenant un fusible principal de 6 ampères pour l'ensemble du bâti et des fusibles de 1^a et de 0^a,5 pour les rangées de présélecteurs et pour les appareils individuels ; le fonctionnement du fusible principal actionne un avertisseur à sonnerie ; celui des petits fusibles provoque l'allumage d'une lampe rouge ; enfin, une lampe bleue, située comme la précédente au sommet du bâti, prévient le surveillant qu'un connecteur n'est pas revenu au repos en fin de conversation.

Les dimensions générales du bâti sont de 2.100 mm. pour la hauteur, 1.150 mm. pour la largeur, 250 mm. pour la profondeur. Il faut y joindre dans son voisinage immédiat un petit châssis pour les compteurs de conversation.

L'alimentation générale de cette installation est faite par des accumulateurs au plomb qui sont munis d'un système d'absorption des gaz et qui doivent fournir du courant au bureau et aux postes d'abonnés de quelque nature qu'ils soient : postes simples et tableaux locaux intermédiaires avec postes supplémentaires. Deux batteries de 30 accumulateurs chacune produisent la tension requise qui est de 60 volts ; pendant que l'une d'elles est en service, l'autre est rechargée, puis gardée en réserve prête à remplacer la première en cas d'avarie ou de décharge complète.

On utilise pour la charge le courant des réseaux de distribution de force et lumière. Si l'on a à sa disposition du courant continu, on intercale simplement, entre le réseau et la batterie, une résistance qui absorbe le surcroît de tension et ramène celle-ci à la valeur convenable. Dans le cas de courant alternatif, il est nécessaire de placer en outre un redresseur pour un débit de 5 à 6 ampères ; ce redresseur est soit un simple appareil à vapeur

de mercure, soit un Wehnelt à cathodes incandescentes. Si le réseau est triphasé, il suffit en général de se connecter sur une phase seulement.

Dans certaines circonstances, les deux batteries peuvent être remplacées par une seule qui fonctionne en batterie tampon entre le réseau de force et les appareils ; un redresseur de débit moindre convient alors, mais il est indispensable d'ajouter un transformateur dont le secondaire débite sur la batterie. Les appareils utilisés pour le service des batteries sont réunis sur un tableau de connexion comprenant les redresseurs, des commutateurs, des interrupteurs, un ampèremètre et un voltmètre avertisseur fermant automatiquement un circuit d'alarme dès que la tension descend au-dessous d'une valeur déterminée (55 volts) ; (on tend actuellement à substituer à ce mode de régulation des moyens de contrôle plus précis).

L'équipement du bureau est complété par un meuble situé près du point de pénétration des lignes, supportant les dispositifs de sécurité et renfermant un répartiteur d'où l'on dirige les lignes d'abonnés vers des présélecteurs quelconques. Il faut y joindre, à proximité du répartiteur un bâti de bobines d'alimentation pour postes supplémentaires, puis, une table d'essai en communication avec les présélecteurs, les connecteurs et la batterie, parfois un répartiteur principal. La table d'essai est, en principe, installée dans la salle d'exploitation postale ; si, pour une raison quelconque, il ne peut en être ainsi, les signaux qu'elle comporte doivent s'y trouver répétés afin de permettre une surveillance facile. Il est du reste possible de placer dans cette salle les batteries dont aucune émanation dangereuse n'est à craindre et les bâtis de sélecteurs : il faut simplement alors renfermer ces derniers dans des armoires spéciales qui amortissent le bruit produit par leur fonctionnement et qui les protègent contre la poussière. Cette dernière précaution est particulièrement utile, car l'encrassement ainsi que l'oxydation par l'humidité sont redoutables pour les nombreux contacts des sélecteurs. L'expérience a montré que, pour leur assurer le maximum de régularité, il convenait de faire circuler dans les appareils un courant faible, mais permanent.

2) Installations spéciales

Outre les abonnés simples, le bureau dessert aussi des postes spéciaux : *a*) postes d'abonnés ayant plusieurs lignes ; *b*) postes intermédiaires avec postes supplémentaires ; *c*) bureaux centraux voisins.

a) Pour assurer le service des premiers, les liaisons électriques des connecteurs sont légèrement modifiées ; les broches des différentes lignes de l'abonné sont associées sur une même rangée horizontale des champs de contacts des connecteurs et une nouvelle numérotation leur est affectée ; toutefois, si l'on tient à conserver les anciens numéros, on dérive les broches correspondantes aux bornes des broches de la rangée horizontale, de telle sorte que les abonnés sont appelés soit d'après l'ancienne nomenclature, soit à l'aide d'un numéro collectif figurant à l'annuaire et permettant l'aiguillage d'une demande sur la première ligne disponible. A cette fin, chaque connecteur est muni de commutateurs supplémentaires (à raison d'un par groupe de lignes) qui leur interdisent l'arrêt sur une ligne occupée autre que la dernière du groupe : ils lui envoient, en effet, des impulsions de courant grâce auxquelles il atteint et explore la broche suivante. Le mouvement se continue jusqu'à ce que le test d'une ligne libre ait été fait : la communication s'établit alors suivant le mode habituel. Si toutes les lignes sont occupées, et dans ce cas seulement, le connecteur stationne sur la dernière broche du groupe et le signal d'occupation est envoyé au demandeur. Le retour au repos s'effectue comme pour les lignes uniques.

b) Les postes supplémentaires avec tableau nécessitent l'introduction de bobines d'alimentation dont l'existence a été précédemment signalée. En effet, tandis que les postes ordinaires sont alimentés en courant microphonique par les deux fils de ligne en série, le courant partant du pôle (—) de la batterie centrale dont le + est à la terre et revenant prendre la terre au bureau, les deux fils desservant un bureau intermédiaire sont spécialisés : l'alimentation a lieu par l'un d'eux quand il s'agit de commu-

nications avec le central téléphonique et par l'autre quand les postes supplémentaires communiquent entre eux ou avec l'intermédiaire. Celui-ci possède les annonciateurs de lignes intérieures, des leviers commutateurs affectés aux connexions avec le central, des jacks et dicordes assurant les relations intérieures. Le dispositif des leviers permet à l'opérateur du tableau, en conversation avec le central de demander un renseignement à un poste supplémentaire sans être obligé de renoncer à la communication principale. L'opérateur d'un poste supplémentaire est averti par l'audition du son bourdonnant interrompu ordinaire qu'il est branché sur le central par l'intermédiaire : il peut alors manœuvrer son disque émetteur d'impulsions.

c) Les communications à grande distance passent en général par la place interurbaine du bureau principal manuel auquel est rattaché le bureau automatique. Les lignes reliant les deux bureaux aboutissent à des présélecteurs et aux connecteurs ; un numéro collectif figurant à l'annuaire leur est attribué. Le central principal est, en somme, assimilé de façon absolue à un abonné possédant plusieurs lignes. Les demandes pour l'Inter sont expédiées comme les appels du trafic local : le demandeur est directement mis en relation avec une opératrice interurbaine du manuel. Inversement, cette opératrice dispose d'un disque grâce auquel elle atteint les numéros désirés de l'automatique.

Si, cependant, il existe un trafic actif entre un central automatique et le bureau manuel d'une agglomération importante voisine, on multiple les lignes de communication devant les tables d'opératrices locales du manuel et on crée une table B dont l'opératrice est spécialement chargée des demandes pour le bureau automatique. Cette dernière reçoit les avis que lui transmettent les opératrices locales et leur donne satisfaction. Au contraire, les appels de l'automatique arrivent directement aux opératrices locales qui les traitent comme ceux de leurs propres abonnés.

3) Surveillance

Le bon fonctionnement électrique et mécanique de cette installation automatique exige une surveillance régulière et une vérification fréquente. Tous les deux jours a lieu un contrôle qui s'opère au moyen de l'appareil de la cabine publique de la façon suivante : on appelle avec le disque le numéro 00 de la table d'essai ; puis, on se porte au récepteur de cette table et on étudie la transmission au point de vue de l'intelligibilité ; on raccroche ensuite le récepteur et on revient à l'appareil de la cabine pour vérifier si la production du bourdonnement d'occupation est régulière. L'essai d'un connecteur étant ainsi terminé, on fait revenir l'appareil au repos par pression sur son électro-aimant de dégagement : le présélecteur du poste de la cabine passe alors automatiquement au connecteur suivant pour lequel les mêmes manœuvres de contrôle se répètent. On vérifie de la sorte tous les connecteurs en service en prenant soin de ne pas troubler l'écoulement normal du trafic.

Les dérangements de présélecteurs ou de lignes sont signalés par les abonnés eux-mêmes. Les dérangements momentanés tels que le non-retour au repos d'un connecteur en fin de conversation et les vices de fonctionnement dus à l'insuffisance du nombre des connecteurs sont révélés par des signaux lumineux pour les uns, par des compteurs pour les autres.

Ces compteurs sont précieux, car ils donnent à chaque instant des indications sur la capacité du bureau, sur l'augmentation du trafic et sur celle du nombre de connecteurs, qui doit l'accompagner. Quand cette variation est trop importante et que le nombre des abonnés dépasse 100, il y a obligation de modifier le central ou plutôt de remplacer en totalité l'installation devenue insuffisante par une nouvelle installation, quitte à transporter l'ancienne dans une autre localité : l'introduction nécessaire d'organes intermédiaires, les sélecteurs de groupes, exige en effet une transformation complète et coûteuse des connexions électriques. Le nouveau bureau sera donc organisé d'après le

type des bureaux de la catégorie supérieure (de 100 à 1.000 abonnés) : nous allons en résumer rapidement les caractéristiques principales.

B. — Bureaux de 100 à 1.000 abonnés.

Ils se distinguent avant tout des précédents par les sélecteurs de groupes intercalés entre les présélecteurs et les connecteurs : ceux-ci demeurent les mêmes ; un commutateur dirigeur a cependant été ajouté pour commander la suite des mouvements de chaque connecteur. Les champs de contacts sont toujours de 100 lignes et permettent l'aiguillage d'une communication vers les abonnés d'une même centaine (2e et 3e séries d'impulsions). Le choix de la centaine est opéré par les sélecteurs de groupes qui obéissent à la première série d'impulsions du demandeur. Chacun des 10 étages de ces sélecteurs correspond, en effet, à une centaine déterminée et, sur les broches qu'il comporte, viennent se réunir les lignes des connecteurs desservant cette centaine. Entre un groupe ou bâti de présélecteurs et le groupe de sélecteurs secondaires qui lui sont affectés, un multiplage permet l'association de deux quelconques des appareils qui les composent. Ce multiplage est réalisé suivant un schéma spécial dont le but est de répartir également le trafic entre les divers sélecteurs secondaires et de régulariser l'usure des pièces frottantes : il consiste dans l'échange suivant une permutation circulaire de l'ordre des connexions des lignes secondaires avec les broches des présélecteurs, quand on passe d'une rangée de ces derniers à la rangée suivante.

Le nombre des sélecteurs varie naturellement avec l'activité du trafic. Les autres organes que renferme le bureau sont sensiblement les mêmes que ceux des petits bureaux ; ils sont seulement d'une capacité plus grande. Pour mieux mettre en évidence la façon dont l'organisation d'ensemble peut être réalisée, nous examinerons le cas d'un central automatique pour 300 abonnés.

Il comprend au maximum 3 salles :

a) la salle des sélecteurs ; *b*) la salle interurbaine ; *c*) le local des accumulateurs.

a) Cette salle contient :

1) 5 bâtis de 100 présélecteurs avec compteurs ;

2) 2 bâtis de sélecteurs de groupes, l'un de 30, l'autre de 20 appareils ;

3) 3 bâtis de connecteurs, l'un de 10, les deux autres de 20 appareils, soit en moyenne 10 connecteurs par paire ; cette proportion en général un peu forte convient pour les centaines où se trouvent réunis des abonnés causant beaucoup. La répartition se fait dans tous les cas suivant la quantité des demandes. Les dispositifs pour les postes à lignes multiples et pour les postes supplémentaires sont les mêmes que pour les bureaux de 100 abonnés ;

4) 1 répartiteur principal avec les dispositifs de sécurité sur lesquels peuvent venir se brancher les fils d'une table d'essai (au moyen de fiches) pour l'essai des lignes extérieures et intérieures ;

5) 1 table de contrôle ;

6) 1 tableau de connexion pour les accumulateurs, le réseau de force..... ; une petite machine d'appel à courant continu ou alternatif avec installation de signalisation pour les abonnés (les signaux en cours de mise en communication sont ceux précédemment énumérés pour les bureaux de 100 abonnés) ; des redresseurs de courant, des changeurs de pôles comme machines de secours..... ;

b) la salle interurbaine n'est pas nécessaire quand le trafic interurbain est faible : les lignes venant des bureaux voisins sont alors directement conduites aux présélecteurs et connecteurs

Si, cependant l'activité des échanges exige une bonne utilisation et même une spécialisation des lignes pour chaque sens de conversation, on crée des places d'opératrices interurbaines desservant en principe 4 lignes chacune ; le nombre de 4, ainsi que la disposition du multiplage des jacks varient suivant les conditions locales. Dans la limite de la place disponible, on installe ces tables dans la salle de l'exploitation postale, ou

dans celle de l'exploitation télégraphique : on ne crée de salle spéciale que dans le cas où ces dernières ne peuvent les recevoir.

c) Le local des accumulateurs est une cave ou un large passage des deux côtés desquels les accumulateurs sont alignés dans deux bâtis et groupés en deux batteries d'une tension de 60 volts et d'une capacité de 150 à 200 ampères-heures.

Le contrôle de cette installation permet de surveiller le fonctionnement régulier des appareils et de remédier aux défauts éventuels avant qu'ils aient troublé le trafic de façon notable. Comme ces défauts résultent de la marche irrégulière ou à contretemps des relais, on constitue des circuits d'alarme passant par leurs contacts et se fermant sur des lampes de couleurs diverses ou sur des sonneries en cas de dérangement ou de fusion des plombs de sûreté. Les essais proprement dits des sélecteurs se font de la table de contrôle et consistent soit dans l'écoute d'une communication en cours, soit dans l'appel par disque des abonnés par l'intermédiaire d'un connecteur seul ou d'un connecteur et d'un sélecteur de groupes dont on vérifie ainsi l'état.

Ce contrôle est rapide et sûr. L'Administration allemande s'est attachée à le rendre aussi simple que possible, comme du reste l'organisation d'ensemble de ses réseaux automatiques. Dans ceux-ci, le rôle du personnel spécial est très restreint, voire nul. Les abonnés n'ont à exécuter que des manœuvres faciles à apprendre, toujours les mêmes, quel que soit le genre de communication désirée, locale ou interurbaine, et cela au prix de modifications très minimes de l'exploitation des réseaux manuels. La coexistence et le voisinage de ces deux catégories de réseaux est donc parfaitement compatible et n'est nullement préjudiciable au bon rendement de chacune d'elles. Enfin, l'encombrement des appareils étant relativement faible, les bureaux automatiques ne nécessitent que des locaux de peu d'étendue se réduisant pour les plus petits d'entre eux à une fraction de la salle de l'exploitation postale. Il est donc très intéressant de les introduire dans les réseaux de petite et de moyenne importance aux exigences desquels ils semblent pleinement satisfaire.

NOTES SUR LA POSTE

RECUEILLIES AU COURS D'UN VOYAGE AUX ÉTATS-UNIS

(juin 1922)

Par M. HOCQUART,

Ingénieur Civil, membre du Comité Technique des Postes et Télégraphes.

L'auteur, au cours d'un voyage aux États-Unis, a visité les bureaux de poste de Washington et de la Pensylvania de New-York.

Bureau de Washington. — Ce bureau est établi contre la gare en façade sur une grande place, il est de vastes proportions et comprend tous les services centraux du service postal américain. Sur l'autre face de la place se trouve l'imprimerie de l'État, qui est reliée au bureau postal par un transporteur recevant les sacs préparés à l'imprimerie et les amenant aux tables de tri du bureau. Ces tables de tri sont constituées par un plancher placé à mi-étage et recouvert de tôle, sur lequel les transporteurs de départ partant de ce plancher de triage, reçoivent les sacs triés et les emmènent soit aux wagons, soit aux voitures postales.

Ces services ne présentent rien de particulier.

Les lettres à la réception sont versées sur des tables de tri, où elles sont préparées pour le timbrage en 3 catégories, les lettres de format ordinaire, les léttres de format moyen et les trop grandes.

Comme le montre la figure 1 cette table de 1 m. 20 de large et de 5 m. de long, reçoit huit hommes ; sur le bord de la table passe un petit transporteur T de 100 mm. de large environ, (fig. 2) que des cloisons divisent en deux canaux de 20 et 30 mm. de large et 150 mm. de hauteur ; la 1re A, sert pour les lettres moyennes ; la 2e B, pour les petites, elles sont emmenées sur

une tablette C, où se forment les paquets. Une petite échancrure D placée devant chaque homme permet de placer les lettres qui sont aiguillées automatiquement sur le canal B. Nous

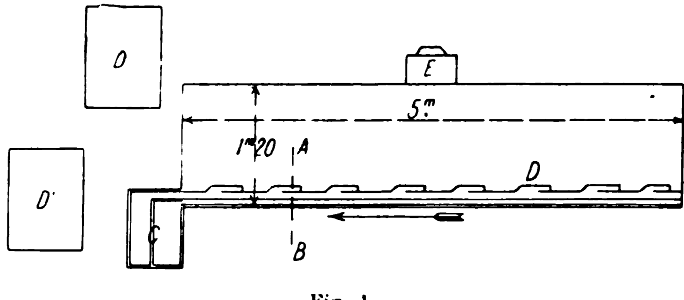


Fig. 1.

ne voyons pas l'utilité de cette échancrure qui n'existe pas pour le canal A.

Deux machines à oblitérer D D′ placées à proximité de la tablette C desservent cette table. Les lettres trop grandes sont jetées dans une boîte E, d'où elles sont reprises à la main.

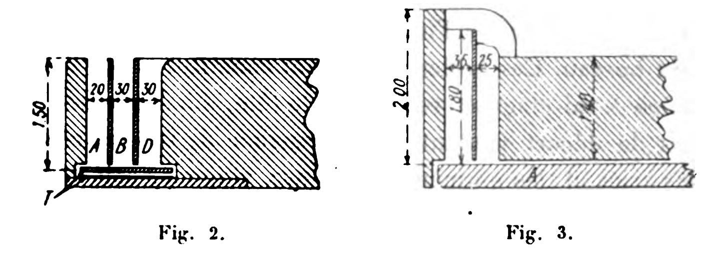


Fig. 2. Fig. 3.

Le service de cette table est très commode, les lettres sont jetées de part et d'autre de la boîte E et prises par les hommes qui préparent les paquets ; la seule critique qu'on lui fait est son prix élevé de 3.600 $; aussi un agent des postes a proposé une table circulaire (fig. 3) dans laquelle le transporteur est remplacé par un plateau mobile A, les canaux étant disposés de même façon. Son diamètre est de 2 m. 20 pour huit hommes, le service en est moins commode, tant pour jeter les lettres sur la table que pour celles de trop grand format ; son seul intérêt est que son prix n'est que de 400 $.

Une machine à faire les paquets de la International Postal Supply de New-York circule entre les casiers de classement.

Casiers de classement. — Les casiers (fig. 4) sont constitués par un meuble vertical de 1 m. 20 de longueur et de 0 m. 40 de largeur, ils contiennent huit rangées de dix cases, sur la

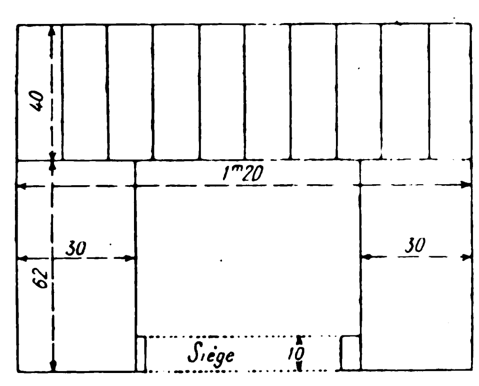


Fig. 4.

face où travaille le classeur se trouvent de chaque côté deux tablettes de 0 m. 62 de long et de 0 m. 30 de large laissant entre elles un vide de 0 m. 60 dans lequel se place le classeur, une planchette relevante de 0 m. 10 de large placée à l'extrémité des tables lui permet de s'asseoir s'il le désire. Les lettres sont placées sur les tables pour être classées.

Sacs. — Les sacs sont dépoussiérés et entretenus à Washington, nous n'avons pu voir l'installation qui était en transformation.

Le Post Office emploie 2 sortes de fermetures pour les sacs : 1° *pour les lettres ordinaires* : la fermeture comprend une corde coulissant dans les anneaux D fixés au sac et dont les 2 extrémités sont engagées dans l'appareil de fermeture ; cet appareil en tôle emboutie (fig. 5) se compose d'un patin A formant coulisse, pour lui donner de la rigidité et recevoir une étiquette ; d'une sorte de conduit B en tôle, dégagé au milieu, dans lequel s'engagent les deux brins, et de deux petits leviers C ; la corde passe dans un anneau C_1 que porte l'extrémité extérieure du levier, ce qui la soulève, l'autre extrémité dentelée C_2 appuie la corde contre le conduit B.

Cette disposition du levier fait qu'en poussant l'appareil de droite à gauche on tend à soulever le levier et la corde glisse, on peut donc fermer le sac : une fois fermé, la corde qui est tendue en ce point tend à abaisser l'extrémité C_1 du levier et par suite à serrer la corde par l'autre extrémité, d'autant plus énergiquement que l'on tire plus fort.

Toute action extérieure ne peut que tendre à abaisser C_1, donc à empêcher le desserrage ; il faut, pour ouvrir le sac, soulever les deux leviers à la fois et tirer l'appareil, il ne peut donc se produire d'ouverture intempestive.

2° *pour les lettres recommandées* : les sacs portent une courroie en cuir fixée près de leur ouverture (fig. 6) contre la fixa-

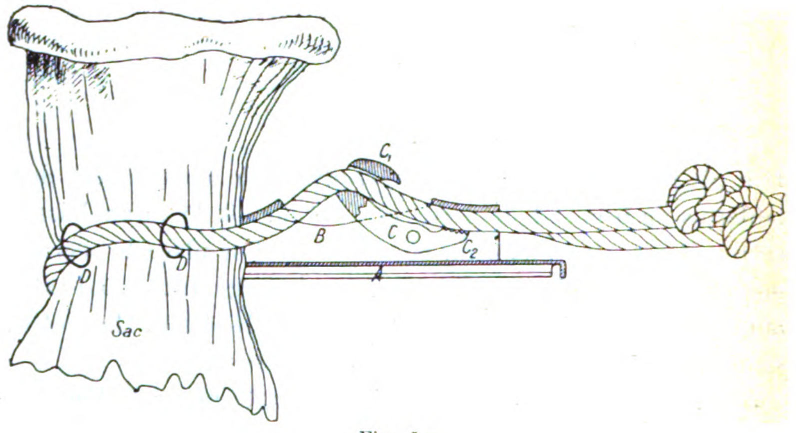


Fig. 5.

tion sur le sac, la courroie porte une boucle A prolongée de l'autre côté par une pièce métallique à boutonnière B ; le côté libre de la courroie porte à une vingtaine de centimètres de son extrémité une arcade métallique C. Pour fermer le sac, on passe l'extrémité de la courroie dans la boucle, et l'on tire jusqu'à ce que la boutonnière B puisse s'engager sous l'arcade C, on passe alors le cadenas que l'on ferme.

Ce cadenas extrêmement robuste (fig. 7) a les dimensions extérieures du croquis ci-joint ; l'ouverture et la fermeture s'obtiennent, après manœuvre de la clé, par rotation de la pièce R, la manœuvre d'ouverture actionne un compteur, le cadenas

porte un numéro de sorte qu'il suffit de placer dans le sac une fiche indiquant le numéro du cadenas et le chiffre du compteur pour qu'à l'arrivée on puisse après vérification, être certain que le sac n'a pas été ouvert.

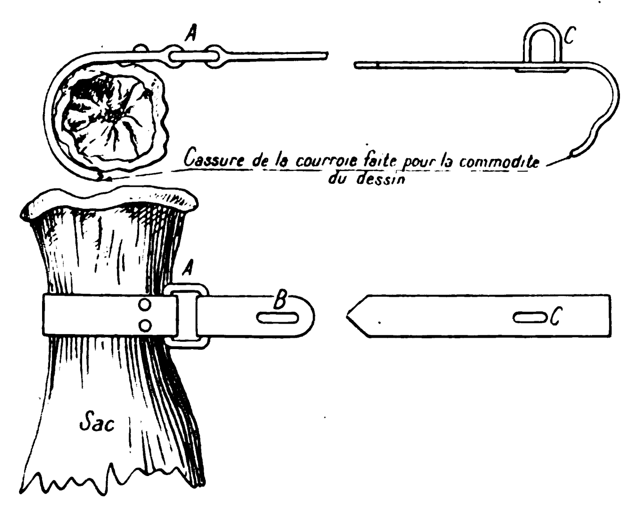


Fig. 6.

Nous sommes revenus de Washington dans le wagon postal, surtout pour voir fonctionner les appareils de prise et de jetée

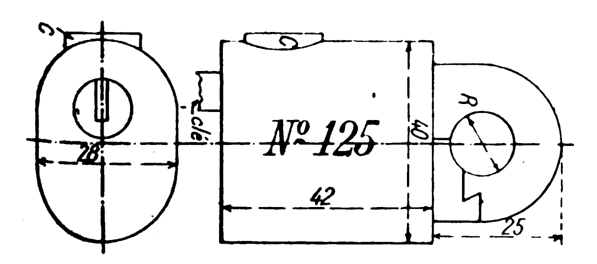


Fig. 7.

de sacs en cours de route sans arrêt, malheureusement cette opération n'a pas été faite, nous ne pouvons donc en parler ; la seule chose intéressante que nous ayons vue pendant le parcours, est la bague que s'était faite un jeune ambulant pour couper la ficelle constituant un paquet. Comme le montre la figure 8

cette bague porte un couteau très court, dont le tranchant est tourné du côté du doigt, ce qui évite tout accident et permet au porteur de couper la ficelle très rapidement sans recherche de couteau ou de ciseaux.

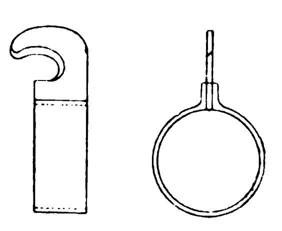


Fig. 8.

Bureau de New York de la Pensylvania Railway. — Ce bureau est contenu dans un très vaste bâtiment à cheval sur les voies du chemin de fer ; il reçoit les correspondances de la ville et les sacs à transiter. D'où une organisation pour le tri des lettres, employant les appareils de la Lamson C°, comme petites corbeilles funiculaires, prenant ou déposant papiers ou lettres sur leurs parcours à des endroits déterminés, transporteurs de petites corbeilles à déraillage automatique aux diverses stations. Enfin un transport funiculaire de grands paniers venant faire tomber les lettres sur une grande table de classement ; tous ces appareils déjà décrits ne présentent rien de nouveau, ils sont adaptés aux dispositions du bâtiment et des services.

Un réseau de transporteurs alimenté par de très nombreux descendeurs hélicoïdaux, ce qui nous a permis de nous rendre compte de la façon dont les Américains appliquent les procédés nouveaux ; en France, où le premier descendeur que j'ai breveté a été installé aux Magasins du Bon Marché en 1908, on ne trouve que relativement peu de ces appareils ; par contre, en Amérique, c'est par douzaines qu'on les voit dans chaque établissement où doit s'effectuer de la manutention, en particulier au bureau de la Pensylvania ; on les trouve donc très nombreux sur le quai d'arrivée des voitures où s'effectue un premier classement sommaire ; puis les transporteurs conduisent les sacs à des planchers de tri, disposés comme ceux de Washington ; l'un

d'eux, de 6 mètres de côté, recevait les sacs de 3 transporteurs et les renvoyait par 17 autres. Pour envoyer les sacs d'une salle sur les transporteurs placés à 4 mètres au-dessus du sol il existe des transporteurs à palette, presque verticaux, sur lesquels on place les sacs, et qui les jettent par une glissoire sur le transporteur principal. Les sacs classés sont envoyés sur des transporteurs passant sous le bâtiment au-dessus du quai et à 6 mètres environ au-dessus des voies ; ces transporteurs ont un appareil de déchargement mobile, que l'on amène au-dessus du wagon à charger, une coulotte portée par l'appareil de déchargement le relie avec le wagon dans lequel les sacs arrivent très facilement et sans main-d'œuvre.

Pour l'arrivée des sacs, le quai est parcouru en sous-sol et dans toute sa longueur par un transporteur qui reçoit les sacs par des trémies ouvertes à différents endroits du quai, fermées par des trappes équilibrées ; ces sacs sont jetés par une glissoire dans un élévateur à grands godets, qui les monte dans le bâtiment et les jette à son tour sur un transporteur les conduisant au plancher de triage.

Nous avons vu deux quais équipés de cette façon.

Remplacement des piles télégraphiques

PAR DES MACHINES AU BUREAU DE TOURS-CENTRAL

Par M. G. DUBREUIL,
Directeur des Postes et Télégraphes.

Jusqu'en 1921, le courant nécessaire à l'alimentation des appareils télégraphiques du bureau de Tours était fourni par environ 3.000 éléments Callaud, dont l'entretien nécessitait la présence permanente de deux ouvriers ; les dépenses s'élevaient annuellement à 30.000 francs, tant en frais de personnel, qu'en fourniture de zinc et de sulfate de cuivre.

D'autre part, la ville de Tours possède un réseau de distribution d'énergie électrique en courant continu 230-240 volts à 3 fils ; un des pôles est à la terre par suite de défauts dans les canalisations.

Un essai d'utilisation directe du courant industriel fut tenté sans donner de bons résultats, par suite de l'instabilité de la perte, qui faisait varier dans de très larges mesures les voltages constatés entre chacun des conducteurs principaux et le fil neutre.

Des batteries d'éléments à grand débit avaient été montées pour pouvoir être substituées instantanément au courant industriel, ce qui représentait un total d'environ 600 éléments.

En présence de l'insuccès donné par l'utilisation directe du courant, on chercha la possibilité de constituer un groupe électrogène en utilisant du matériel courant, adapté à ses nouvelles fonctions.

La génératrice devait être un des petits moteurs qui servent au remontage du poids des appareils rapides ; elle pouvait être entraînée par la machine produisant les appels sur les circuits téléphoniques.

Comme il fallait disposer des deux sens du courant, l'installation devait comprendre non pas une, mais deux génératrices semblables disposées côte à côte.

Le groupe des appels téléphoniques comprend un moteur et une génératrice de courant alternatif accouplés par un manchon de 120^{mm} de diamètre et de 50^{mm} de largeur.

Les génératrices des courants télégraphiques sont constituées par 2 petits moteurs à courant continu ; la poulie reçoit une courroie qui, d'autre part, passe sur le manchon d'accouplement du groupe des appareils téléphoniques. L'excitation est indépendante ; les inducteurs sont traversés en permanence par un courant constant pris en dérivation sur les bornes de la génératrice de courants d'appels.

Le courant recueilli entre les balais + ou — et la terre est de 125 volts à vide. En service, on constate de faibles variations dues à la résistance de 18 ohms de l'anneau de la génératrice, résistance qui reste en série sur l'utilisation. Ces variations n'ont absolument aucune influence sur la réception des postes correspondants.

Les lignes et les actions locales des baudots ont été équilibrées pour utiliser le courant de 125 volts. Les résistances d'équilibre pour l'aiguillage sont de 1000 ohms ; celles pour les freins et cadences sont de 500 ohms.

En cas d'arrêt momentané du secteur, il suffit d'inverser deux commutateurs pour mettre l'alimentation sur des piles à grand débit, l'une positive, l'autre négative.

Dépense en énergie électrique. — L'intensité moyenne utilisée est de 200 milliampères par machine ; la force électromotrice étant de 125 volts, on trouve que l'énergie totale consommée est de : $125 \times 0,2 \times 2 = 50$ watts.

En admettant une perte de 40 °/₀ par frottements, etc., l'énergie absorbée sur la poulie motrice serait au plus de 100 watts.

L'excitation prend un demi-ampère sous 35 volts ; l'énergie utilisée pour cette fonction est de 17 watts. Au total, 120 watts environ.

Le prix d'achat du kilowatt pour les machines est de 0,56 ; la dépense journalière pour 14 heures est de 0, 94 et la dépense annuelle de 343 francs.

Il a été indiqué précédemment que les dépenses de la pile Callaud s'élevaient annuellement à 30.000 francs. Avec des éléments à grand débit, ayant une capacité de 80 AH sous une force électro-motrice moyenne de 1 V, 25, la batterie de 100 éléments donnerait théoriquement 10 kilowatts.

Au régime de 200 milliampères, elle serait complètement vidée en 400 heures.

Les dépenses de remplacement de matériel seraient de 6 fr. 50 par élément. Pour les deux batteries, les dépenses annuelles seraient de 15.600 francs en matériel ; en réalité, en ajoutant la main-d'œuvre et les pertes, on peut tabler sur une dépense approximative de 20.000 francs.

Le chiffre de 343 francs de courant industriel est à rapprocher de ceux qui viennent d'être calculés pour montrer l'importance de l'économie qu'il est possible de réaliser. Si l'on ajoute l'absolue sécurité du service, la suppression de toute sujétion d'entretien, on reconnaîtra que ces avantages ont été assez importants pour qu'il y ait intérêt à préconiser des montages analogues chaque fois que les circonstances se présenteront favorables.

PRODUCTION DE L'AIR COMPRIMÉ
pour les besoins du Service téléphonique de Paris

Par M. AGUILLON,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

Dans le réseau téléphonique de Paris l'air comprimé est utilisé pour les trois besoins suivants :

desséchage et entretien des câbles,

dépoussiérage des salles de multiples et de répartiteurs par aspiration dans des éjecteurs traversés par le courant d'air comprimé,

fonctionnement des boulisteries pneumatiques telles que celle employée pour le transport des fiches d'annotatrices à l'Interurbain.

La consommation d'air comprimé en 1921 a coûté 142.000 francs se répartissant ainsi :

Entretien des câbles............	82.000 fr.
Dépoussiérage des salles........	50.000 fr.
Boulisterie de l'Interurbain......	10.000 fr.

Pour les deux premières fonctions qui exigent des pressions supérieures à 3 kilos effectifs (4 kilos absolus), on utilise et on a avantage à utiliser la distribution d'air comprimé de la C[ie] Parisienne (C[ie] Popp) à 5 kilos effectifs ; et pour la troisième fonction, qui n'exige que des pressions très faibles (60 à 100 grammes de pression effective), on trouve avantage à utiliser l'énergie électrique du secteur pour actionner des compresseurs appropriés.

Il est intéressant, étant donnée l'importance de la dépense, de comparer dans les divers cas les prix de revient du mètre cube d'air libre (c'est-à-dire puisé dans l'atmosphère à la pression

et à la température moyenne) suivant que cet air est fourni par la Cie Parisienne après compression à 5 kilos ou suivant qu'il pourrait être comprimé par les propres moyens de l'Administration, à la pression juste suffisante.

Nombre de mètres cubes d'air libre qu'un kilowatt-heure permet de comprimer à 6 kilos absolus. — Les compresseurs actuels de grande puissance ont une courbe de fonctionnement voisine de celle correspondant à la loi adiabatique :

$$pv^{1,41} = p_0 v_0^{1,41}$$

p_0 pression initiale qui est en général la pression atmosphérique ; v_0 volume initial à la température initiale qui est en général la température de l'air ambiant ; p pression finale ; v volume final à la température finale.

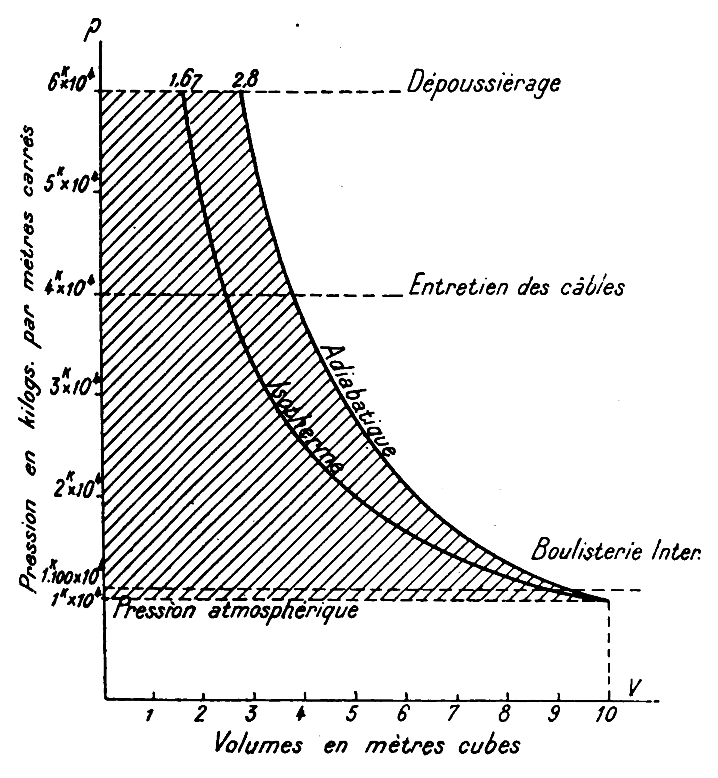
L'énergie nécessaire pour comprimer 10mc d'air de 1 à 6 kilos (cette pression de 6 kilos est celle de la Cie parisienne) est représentée sur le diagramme ci-contre par la surface hachurée. Les pressions étant comptées en kilos par mètre carré, et les volumes en mètres cubes. On trouve ainsi 245.000 kilogrammètres et si, pour plus de précision, on rectifie à $1,03 \times 10^4$ kilos par mètre carré au lieu de 1×10^4 kilos la valeur de la pression atmosphérique, on a finalement 250.000 kilogrammètres, soit environ 0,92 cheval-heure (un cheval-heure = 270.000 kilogrammètres). On peut aussi appliquer la formule qui donne l'intégrale de la surface :

$$3,55\ v_0\ p_0 \left[\left(\frac{p}{p_0}\right)^{0,29} - 1\right].$$

Pour $\frac{p}{p} = 6$ la parenthèse est égale à 0,68 ; on a bien le résultat annoncé : 250.000 kilogrammètres ou 0,92 cheval-heure.

Le rendement moyen des compresseurs d'assez grande puissance est de l'ordre de 0,8 ; l'énergie à fournir sur l'arbre du compresseur pour la compression de 10 mètres cubes d'air libre est donc de $\frac{0,92}{0,8} = 1,15$ cheval-heure = 0,85 kilowattheure.

On peut dire encore qu'*un kilowattheure permet de comprimer à 6 kilos absolus 11 mètres cubes d'air libre environ*



Courbes de fonctionnement des compresseurs.

Prix de revient du mètre cube d'air libre comprimé à 6 kilos absolus. — La Compagnie parisienne vend le mètre cube d'air libre, après compression à 6 kilos absolus, à un prix qui varie avec celui du charbon et qui actuellement est 0 f, 0465. Autrement dit elle vend le kilowattheure apporté sur l'arbre de ses compresseurs à 0,0465 11 = 0 fr. 50. Ce prix n'est pas prohibitif, si on le compare au prix de fourniture aux particuliers du kilowattheure électrique de la C. P. D. E. En effet ce dernier est de 0 fr. 60 actuellement. Alors pour un particulier qui voudrait utiliser l'énergie électrique du secteur pour actionner des compresseurs, après transformation de l'énergie électrique à haute tension en

énergie mécanique disponible sur l'arbre des compresseurs, au moyen d'un transformateur de rendement 0,9 d'un moteur électrique de rendement 0,85 d'une transmission par courroies, le prix du kilowattheure utile monterait au moins à $\frac{0,60}{0,75} = 0$ fr. 80. Si on y ajoute l'entretien d'un groupe électrique, du compresseur, la main-d'œuvre pour la conduite des machines, l'amortissement des machines, le prix du *kilowattheure utile deviendrait pour un particulier au moins le double du prix auquel il est livré par la Cie Parisienne d'Air Comprimé* sous la forme demandée, à savoir de l'air à 6 kilos. Cette grande différence provient de ce que la Cie fabrique directement l'énergie nécessaire pour ses compresseurs, en brûlant du charbon, qu'elle comprime l'air par énormes quantités, de sorte que le prix d'entretien par kilowattheure est insignifiant, et que l'amortissement de ses installations déjà anciennes est devenu négligeable.

Si le client de la C. P. D. E. voulait produire lui-même, par la combustion du charbon, l'énergie nécessaire à ses compresseurs, il n'obtiendrait pas le mètre cube d'air à un prix plus avantageux que par l'achat direct à la Compagnie d'Air Comprimé, tant qu'il s'agit de moyennes puissances. Si au lieu d'un client quelconque de la C. P. D. E. il s'agit de l'Administration se proposant d'utiliser le kilowattheure du secteur électrique pour faire de l'air comprimé, le prix de revient à l'époque actuelle serait comparable, mais encore supérieur au prix d'achat à la compagnie parisienne. En effet, l'Administration des Postes paye actuellement le kilowattheure à un prix très avantageux puisque c'est le tarif dégressif d'avant la guerre ; elle a payé en 1921, étant donnée la consommation qui a été de 1.500.000 kwh, environ 0 fr. 27 par kilowattheure. Mais ainsi qu'on a vu il faudrait au moins doubler ce chiffre pour avoir le prix de revient du kilowattheure utile dans chaque central, ce kilowattheure utile étant supposé transformé en autant de mètres cubes d'air comprimé qu'à la compagnie Popp, soit 0 fr. 54. Le jour où le prix du kilowattheure de la C. P. D. E. doublerait pour l'Administration comme il a doublé pour les particuliers, on serait dans les condi-

tions du premier cas où l'achat de l'air à la Compagnie Popp est deux fois plus économique que l'utilisation du secteur électrique.

Quant à la production directe dans chaque central téléphonique de l'énergie nécessaire aux compresseurs, elle serait probablement plus onéreuse que pour un industriel ordinaire ; en outre la division de la production entre un grand nombre de petites installations (à raison d'une par central), ferait que le rendement total serait celui d'une petite installation. De sorte que certainement, dans ce cas encore, l'avantage reste à l'air Popp.

Mais on a supposé ci-dessus que l'air comprimé à 6 kilos était utilisé à 6 kilos. Il est certain que si on ne doit l'utiliser qu'à une pression très inférieure à 6 kilogs, par exemple à 4 kilos absolus (3 kilos effectifs) pour l'entretien des câbles, l'énergie mécanique dépensée en trop par la Cie d'Air Comprimé lors de la compression de 4 à 6 kilos n'est généralement pas récupérée ; elle a été dissipée sous forme de chaleur ; on achète en trop environ 1/3 de l'énergie qui était seulement nécessaire.

Toutefois dans ce cas encore nous estimons que l'Administration n'aurait pas intérêt, même au tarif actuel du kilowattheure électrique de la C. P. D. E., à comprimer elle-même à la pression juste suffisante.

Utilisation de l'air comprimé pour les boulisteries pneumatiques. — En revanche on utilise l'air comprimé à 6 kilos de la Compagnie Parisienne en le détendant au préalable à une pression très faible, 1^{kg}, 100 absolus par exemple comme à l'Inter (soit 70 grammes effectifs) ; le prix du mètre cube d'air devient prohibitif et il y a tout avantage à utiliser l'énergie électrique du secteur pour actionner des compresseurs appropriés ; en effet sur le diagramme on voit immédiatement qu'il faut pour comprimer à 70 grammes effectifs moins de $\frac{3}{100}$ de l'énergie nécessaire pour comprimer à 5 kilos effectifs. Le mètre cube d'air libre de la Cie Parisienne d'Air Comprimé serait dans ce cas plus de 10 fois plus cher que celui produit avec un compresseur à 1^{kg}, 100 absolus, mû

par le courant du secteur. C'est le cas de la boulisterie à l'Inter. Toutefois il faut tenir compte qu avec les grandes vitesses des groupes rotatifs, par exemple dans le cas de l'Inter où les compresseurs sont des turbines accouplées directement sur l'arbre des moteurs, le rendement du compresseur devient assez faible, le débit devenant inférieur au volume de l'espace offert à la compression. Néanmoins il est préférable pour l'Administration de produire elle-même dans ce cas l'air comprimé avec l'énergie électrique du secteur. Toutefois dans le cas exceptionnel où l'arrêt des groupes électriques apporterait une perturbation trop grave dans l'exploitation (c'est le cas de la boulisterie de l'Inter) il est bon de pouvoir alimenter directement la boulisterie avec l'air de la Cie Parisienne malgré le mauvais rendement économique de ce système de secours.

On peut d'ailleurs améliorer dans ce cas le rendement de l'air à 5 kilos en le faisant passer à travers des éjecteurs qui aspirent l'air atmosphérique en proportion déterminée avec la masse du gaz à 5 kilos ; le rendement pourrait, d'après les essais actuellement en cours à la Compagnie Parisienne, remonter à $\frac{30}{100}$ au lieu de $\frac{3}{100}$ dans l'exemple cité plus haut.

Le problème économique posé ci-dessus est de même ordre que celui de l'utilisation des gaz liquéfiés pour des usages où il ne faut qu'une pression effective très basse, et où on ne récupère pas l'énergie libérée dans la détente. Ainsi, pour le desséchage des câbles sous papier, on emploie actuellement soit l'air desséché, soit le gaz carbonique extrait des bouteilles d'acide carbonique liquide (procédé préconisé et mis au point par M. Winterer).

Il est certain qu'à égalité de propriétés desséchantes et de commodités d'utilisation du mètre cube d'air sec et du mètre cube de gaz carbonique, le second procédé au point de vue économique ne soutiendrait pas la comparaison avec le premier puisque le mètre cube de gaz carbonique pèse 1 ^kg^ 97 et coûte (à raison de 2 fr. environ) $2 \times 1,97 = 4$ fr. 20, soit presque

100 fois plus que le mètre cube d'air de la Compagnie Parisienne.

Dans le cas où on pourrait se procurer du gaz carbonique à 1 fr. le kilo, le mètre cube serait encore près de 50 fois plus cher que le mètre cube d'air Popp. Aussi doit-on ajouter d'une part que les propriétés desséchantes du gaz carbonique peuvent être meilleures que celles de l'air puisqu'il est toujours difficile de dessécher l'air atmosphérique, et d'autre part que les commodités de transport de l'acide carbonique liquide rendent le gaz carbonique utilisable là où le premier ne peut être employé.

Dans bien des cas, en effet, où il n'existe pas de distribution d'air comprimé, il serait difficile et onéreux de transporter un compresseur d'air avec un spécialiste pour le manœuvrer ; l'emploi de l'acide carbonique liquide paraît tout indiqué.

ENREGISTREMENT
DE LA DURÉE DES CONVERSATIONS
PAR LES COMPTEURS TÉLÉPHONIQUES

Par M. HAMEL,
Inspecteur des Postes et Télégraphes.

La généralisation en France du régime de l'abonnement à conversations taxées pourrait poser le problème de l'enregistrement de la durée des communications. L'auteur décrit un relais de compteurs qui permettrait de réaliser cet enregistrement.

Généralisation du régime de l'abonnement à conversations taxées. — L'Administration des Postes et des Télégraphes se propose d'étendre aux grands centres, jusqu'à ce jour soumis au régime de l'abonnement téléphonique forfaitaire, le régime de l'abonnement à conversations taxées actuellement en vigueur dans les villes d'une population inférieure à 80.000 habitants.

L'importance du trafic urbain dans les réseaux comportant un grand nombre d'abonnés ne permettant pas à l'opératrice de tenir le compte des communications échangées, on a mis dans plusieurs centraux des compteurs manuels ou automatiques de conversations. Les premiers, présentant l'inconvénient d'exiger l'intervention de la téléphoniste, semblent devoir être abandonnés.

Inconvénient des relais de compteurs actuels. — Les compteurs individuels des abonnés sont mis en marche au moment voulu par des relais spéciaux reliés aux dicordes du multiple, et fonctionnant généralement au décrochage de l'abonné demandé. Les inconvénients de ces relais sont les suivants :

1° Toute communication effective est enregistrée ; en cas d'erreur, il faut procéder à un décomptage ; 2° la communication

étant établie, les deux correspondants peuvent demeurer en ligne un temps indéterminé, le relais n'en tient aucun compte et le demandeur n'a à sa charge qu'une seule unité de communication. Il y a donc là contradiction avec le principe de la conversation unitaire de 3 minutes en vigueur dans le régime de la conversation taxée, principe d'ailleurs parfaitement équitable et logique puisqu'il s'agit en l'espèce de la rémunération du service instantané rendu par la mise en communication auquel doit s'ajouter le droit d'usage des lignes et des appareils où le temps d'occupation doit intervenir comme élément d'appréciation.

Utilité de l'enregistrement de la durée. — L'enregistrement de la durée a l'avantage de permettre d'établir un régime unique d'abonnements pour tous les réseaux. Il tend à faire disparaître l'abus des conversations interminables presque toujours sans utilité, qui arrivent à rendre l'exploitation difficile dans les réseaux pourvus de plusieurs multiples en immobilisant les lignes d'intercommunication.

Le nouveau relais de compteurs. — Le nouveau relais présente les avantages suivants. Il ne fait fonctionner le compteur individuel de l'abonné qu'entre la 6e et la 9e seconde après le décrochage du demandeur. Ce délai, tout en permettant aux correspondants de se reconnaître, ne leur donne pas le temps d'échanger une conversation. En cas d'erreur les intéressés raccrochent et le relais se désamorce sans mettre en action le compteur.

Si la conversation s'échange, le relais actionne le compteur entre la 6e et la 9e seconde, puis toutes les 3 minutes aussi longtemps que dure la mise en communication. Au décrochage des correspondants, il revient au repos.

Description et fonctionnement de l'appareil. — L'appareil comporte, en plus des deux électro-aimants des relais de compteurs ordinaires, un équipage de minuterie mis en marche par l'armature de l'électro côté demandé.

Cette minuterie est constituée par une roue à rochets portant

sur son pourtour 240 divisions soit 60 par quadrant. Cette roue tourne folle autour d'un axe fixé à la platine de l'appareil ; sur ce même axe est adapté un barillet à ressort. Le barillet et le rochet sont embrayés entre eux au moyen du dispositif suivant :

La roue à rochets porte sur sa face opposée à la platine quatre goujons espacés d'un quadrant à 6 ^{mm} environ de la circonférence. Appliqué sur la partie cylindrique du barillet et maintenu en contact par un ressort, se trouve un ergot qui vient buter dans le sens du mouvement de la roue à rochets contre un des goujons de celle-ci.

La roue à rochets est mise en marche au moyen d'un cliquet commandé par l'armature de l'électro-aimant côté demandé.

Dès qu'une communication est établie, le premier électro-aimant se trouve relié d'une part au pôle 24 de la batterie, d'autre part à la terre par l'armature du relais de conversation côté demandeur (position de travail) ; son armature attirée met en prise le cliquet d'avancement et le cliquet de retenue de la roue à rochets.

Le deuxième électro-aimant est relié d'une part au pôle 24 de la batterie, d'autre part à la terre par l'armature du relais de conversation côté demandé (position de travail). Ce deuxième électro reçoit le courant de la batterie par l'intermédiaire d'un pendule commun à tous les relais de l'installation établissant le contact toutes les 3 secondes.

La roue à rochets entraînée par le cliquet que commande l'armature se met en mouvement embrayée au barillet qui tend à la ramener en arrière. Après la sixième seconde un crochet fixé au barillet entraîne au passage une roue dentée qui avance d'une division. Cette roue fait corps avec une roue à cames qui, butant sur un ressort, établit la liaison entre le pôle + 24 (batterie des compteurs) et le troisième cordon côté demandé. Le compteur individuel de l'abonné recevant le courant de la batterie + 24 — 24 marque une communication. Lorsque la roue à rochets a tourné d'un quadrant, il s'est écoulé 3 minutes (60 dents à raison de 3 secondes par dent). Le clichet d'embrayage vient buter à sa partie supérieure contre une vis d'arrêt qui le fait basculer et quitter le goujon de la roue à rochets. Le barillet qui n'est plus

retenu revient en arrière et s'embraye de nouveau au goujon précédent situé à un quadrant du premier. L'équipage recommence à tourner dans les mêmes conditions que précédemment.

Si la communication cesse avant l'expiration des 3 unités, au raccrochage du demandeur, l'armature de l'électro-aimant actionné par le relais de conversation revient au repos, soulevant les cliquets de retenue et d'entraînement. La roue à rochets libérée revient en arrière entraînée par le barillet, jusqu'à ce qu'un goujon rencontre la butée de repos, point de départ du mouvement.

Deux exemplaires de cet appareil, construits par le service des Ateliers et expérimentés au laboratoire avec succès, vont être mis en essai sur le nouveau multiple en voie d'installation à Saint-Étienne.

CONCLUSIONS DE LA COMMISSION INTERMINISTÉRIELLE CHARGÉE DE PRÉPARER LA RÉGLEMENTATION EN FRANCE DE LA RADIOTÉLÉPHONIE D'INFORMATIONS GÉNÉRALES

La radiotétéléphonie d'informations générales, ainsi que les auditions radiotéléphoniques se développent avec rapidité. Cependant les dispositions législatives qui devront réglementer les postes émetteurs d'informations ou d'auditions sont encore inexistantes.

Les Annales des Postes et Télégraphes ont déjà mentionné les délibérations de la Commission interministérielle et du Comité technique des Postes et Télégraphes chargés de préparer un projet de décret (1). Cette Commission interministérielle vient de terminer ses travaux à la suite desquels doit intervenir un décret de réglementation.

Les postes émetteurs existant en France à l'heure actuelle sont donc seulement autorisés à titre provisoire, notamment en ce qui concerne la puissance d'émission et la longueur d'onde employée. Le public n'a aucune garantie que la portée de ces postes ou que leur longueur d'onde n'ait pas à être notifiée et, dans cette hypothèse, l'État risquerait, si la réglementation définitive tardait, de se trouver en présence d'une situation de fait consacrée par l'habitude, laquelle, bien que n'ayant été autorisée qu'à titre provisoire, tendrait à devenir définitive par la force acquise par l'usage.

C'est en se plaçant à ce point de vue que le Comité technique des Postes et Télégraphes et la Commission interministérielle ont voulu, malgré la complexité du problème, inscrire des dispositions bien définies dans le projet de décret.

(1) Voir le numéro de septembre 1922 des *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, p. 1108 et 1115.

Après avoir fait une enquête approfondie sur la situation à l'étranger et après des délibérations au cours desquelles il a été tenu compte des desiderata des industriels et des usagers de la radiotéléphonie, les conclusions de la Commission interministérielle ont été que le maximum de puissance à autoriser à l'alimentation pour les postes d'informations ou d'auditions devait être de 1.500 watts et que les bandes de longueurs d'ondes qui devaient être réservées à ces postes devaient être de 350 à 425 mètres.

Dans les limites de puissance indiquées, le rayonnement radiotéléphonique d'un poste installé aux environs de Paris ne suffirait pas (du moins dans l'état actuel de la technique) à couvrir tout le territoire de la France, mais il ne semble pas que les postes d'informations ou d'auditions aient vraiment besoin d'une portée de rayonnement aussi grande et l'exemple de la Grande-Bretagne, dont le territoire sera divisé en 8 zones par le Postmaster General, confirme cette façon de voir. Les craintes de brouillage, particulièrement justifiées en radiotéléphonie où les ondes modulées occupent forcément une bande plus large qu'en radiotélégraphie, sont un motif assez sérieux pour que plusieurs postes d'informations ou d'auditions ne travaillent pas ensemble avec des ondes voisines et dans la même région territoriale ; et l'on conclut alors sans peine que l'autorisation de postes extra-puissants serait l'octroi d'un avantage confinant au monopole pour ceux qui l'auraient obtenu. Enfin, pour des ondes de 350 à 425 mètres, qui ne sont pas internationales, l'État ne peut pas permettre que ces ondes sortent des frontières territoriales de la France.

Quant au choix des longueurs d'ondes, il a paru impossible d'autoriser des longueurs supérieures à 425 mètres, et notamment celles de 1.500 à 1.600 mètres sur laquelle se font actuellement certaines auditions et qui seraient de nature à gêner le service aéronautique lorsque ce service aura besoin d'ouvrir des ports aériens au trafic de nuit, ainsi que le service public France-Corse. D'ailleurs, en Grande-Bretagne, l'obligation d'employer des ondes courtes sera également effective.

Un dernier point important sur lequel l'avis de la Commission interministérielle du Comité technique des Postes et Télégraphes et des autres départements ministériels a été unanime est l'interdiction de la réclame par voie hertzienne. Si l'on tarit ainsi une source de bénéfices pour les émetteurs d'informations ou d'auditions, ceux-ci trouveront certainement d'autres combinaisons commerciales pour faire marcher leur affaire et l'encombrement de la voie hertzienne sera diminué énormément. D'ailleurs, les taxes que l'État percevra sur les postes émetteurs pourront être beaucoup moins fortes sur les postes d'informations ou d'auditions que sur les autres postes émetteurs privés, cela pour compenser, dans une certaine mesure, la perte de bénéfices causée par l'interdiction de la réclame. Enfin, il n'est pas inutile d'ajouter que l'avis du syndicat de la presse n'est pas favorable à la réclame hertzienne.

REVUE DES PÉRIODIQUES

PÉRIODIQUES EN LANGUES ÉTRANGÈRES

Construction économique des réseaux téléphoniques. — P. O. Pedersen de Copenhague. Extrait de la revue danoise : (*Ingeniòren*, n° 34, 1920.)

Introduction

Le plus faible diamètre admissible d'un grand nombre de fils téléphoniques, — des fils d'abonnés notamment — dépend de leur résistance mécanique et de certaines autres considérations indépendantes de leurs propriétés électriques, tandis que si l'on se bornai simplement à considérer l'affaiblissement du courant téléphonique, on serait amené à employer des conducteurs d'un diamètre inférieur à celui des fils dont on se sert actuellement (1).

D'autre part, l'emploi de plus en plus fréquent des câbles, la construction des lignes interurbaines et des circuits à très longue distance donnent aux conditions électriques requises une importance de plus en plus marquée. Il s'ensuit, qu'en ce qui concerne l'affaiblissement des courants de conversation, le problème relatif à l'installation économique d'un réseau prend une importance toujours plus grande ; aussi, les administrations et les compagnies téléphoniques des divers pays ont-elles mis ce problème à l'étude depuis plusieurs années (2).

---

(1) En ce qui concerne les conditions qui influent sur le choix du calibre des fils, voir l'article publié en 1910 dans le n° 47 de la revue *Ingenioren*, par M. V. Clausen de Copenhague et l'ouvrage de M. G. G. Hill (Londres, 1920) intitulé *Telephonic Transmission*.

(2) Voir les travaux de MM. V. Clausen et J. G. Hill, ainsi que l'article intitulé : *Trunk Telephone Communication transmission Schemes and the design of Circuits*, par MM. Hart et Hilyer. « Electrician », vol. 71, page 6. — 1913).

A notre avis, on peut traduire les conditions requises (pour qu'avec un affaiblissement donné la construction du réseau soit le plus économique possible), par une formule plus générale que celles employées jusqu'ici. Nous pensons que la présente étude présentera un certain intérêt en raison de ce que les résultats de nos calculs sont très simples et d'un emploi facile. Pour obtenir des résultats très simples nous avons dû nous contenter de certaines approximations. On verra toutefois que la valeur des résultats ne s'en trouve nullement diminuée, sauf peut-être dans un cas que nous signalons plus loin.

Suppositions

I. Nous ne tenons pas compte des pertes aux postes extrêmes ou par réflexion ni de celles qui se produisent dans les centraux téléphoniques. La constante d'affaiblissement total a donc pour expression :

$$B = \Sigma\, \alpha_s\, l_s, \qquad (I)$$

où α_s est la constante d'affaiblissement, l_s la longueur d'une des lignes et où la somme comprend toutes les lignes qui constituent le circuit de communication.

Il est toujours possible de remédier aux pertes produites dans les centraux en diminuant proportionnellement la constante d'affaiblissement total, mais il est plus difficile de corriger les pertes aux postes extrêmes ou par réflexion. Cependant, c'est seulement en négligeant les unes et les autres que le problème mathématique est vraiment simple.

Sur les installations à batterie centrale la résistance des lignes d'abonnés influe sur la fraction constante du courant microphonique. Nous avons négligé cette influence ; il n'est pas douteux que, de nos suppositions, celle-ci est la moins satisfaisante.

Pour remédier partiellement aux conséquences fâcheuses des deux hypothèses ci-dessus, on peut choisir des fils d'abonnés et des circuits interurbains de diamètres plus voisins qu'il ne serait rigoureusement nécessaire d'après les conditions minima.

II. — Nous pouvons écrire :

$$\alpha = \varphi(a), \qquad \text{(II)}$$

où a est le diamètre du conducteur exprimé en millimètres.

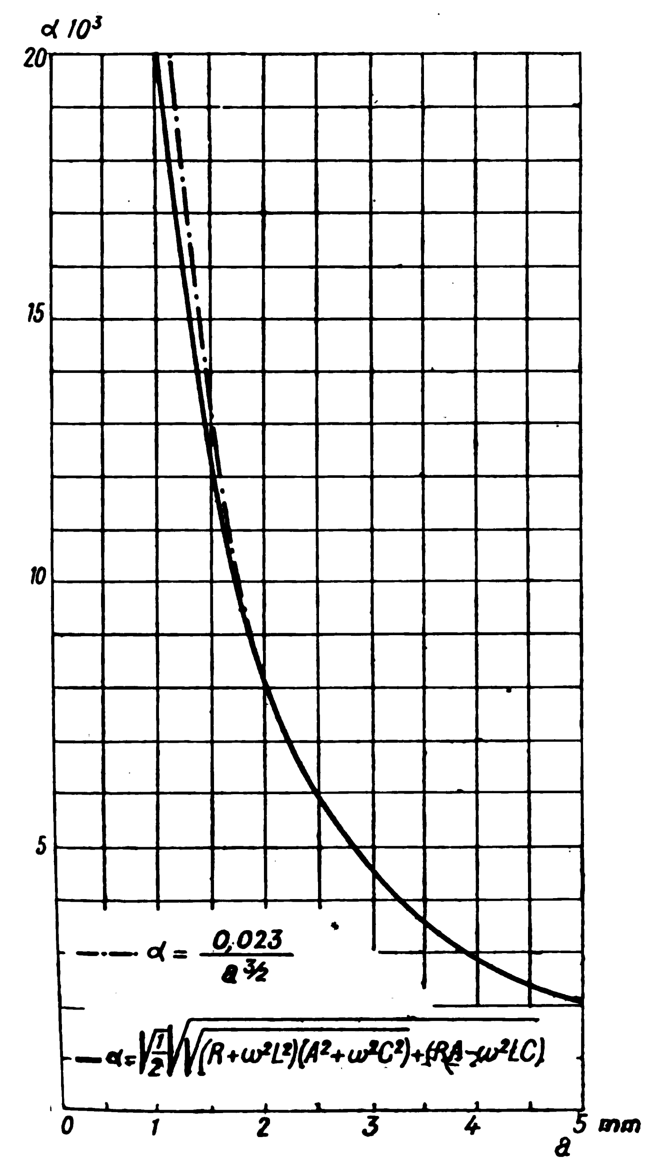


Fig. 1. — Constante d'affaiblissement pour des câbles.
(a = diamètre du fil, en mm.)

La fonction réciproque sera : $a = \psi(\alpha)$ (II *bis*)

La constante d'affaiblissement α, exprimée en fonction des constantes fondamentales de la ligne, est donnée par la formule connue :

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{2}}\ \sqrt{\sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(A^2 + \omega C^2)} + R A - \omega^2 L C}$$

Nous obtiendrons la fonction φ en exprimant R, L, C et A en fonction du diamètre a du fil. En général, ceci conduit à une formule complexe. Nous remplacerons donc pour une fois la formule exacte par une formule simple approchée pour exprimer la valeur de φ.

a. — Pour les câbles sous papier et sous plomb, nous poserons donc :

$$\alpha = \frac{b_1}{a} = \frac{0{,}067}{a} \left[a \text{ en milimètres ; } \alpha \text{ (valeur par km.)}\right] \quad \text{(II } ter\text{)}$$

où $b_1 = 0{,}067$ cette valeur correspondant aux valeurs suivantes des constantes fondamentales :

$$R = \frac{44{,}56}{a^2} \text{ ohms ; } C = 0{,}04\ mf\ ;$$

$$A = (3{,}10^{-6}) \text{ mhos ; } \omega = 2\pi n = 5.000.$$

La figure 1 permet de se rendre compte de l'approximation (II *ter*). Pour de faibles diamètres, l'approximation est satisfaisante ; pour de forts diamètres, elle est moins bonne, mais il est rare de rencontrer d'aussi gros diamètres dans la pratique.

b. — Pour les lignes aériennes en cuivre, nous écrirons :

$$\alpha = \frac{b_2}{a^{\frac{3}{2}}} = \frac{(0{,}023)}{a^{3/2}} \left[a \text{ en millimètres; } \alpha : \text{valeur par km.}\right] \quad \text{(II } quater\text{)}$$

où la valeur 0,023 correspond à une ligne en cuivre dont les constantes sont les suivantes :

$$R = \frac{44{,}56}{a^2} \text{ ohms ; } \qquad L = 4\left(\log\frac{800}{a} + \frac{1}{4}\right) \times 10^{-4} \text{ H ;}$$

$$C = \frac{10^{-6}}{36 \log\frac{800}{a}} + 5 \times 10^{-10} \text{ F ; } A = 2 \times 10^{-6} \text{ mhos ; } \omega = 5000$$

La figure 2 indique la valeur de l'approximation (II *quater*). On voit qu'elle est satisfaisante pour tous les diamètres courants.

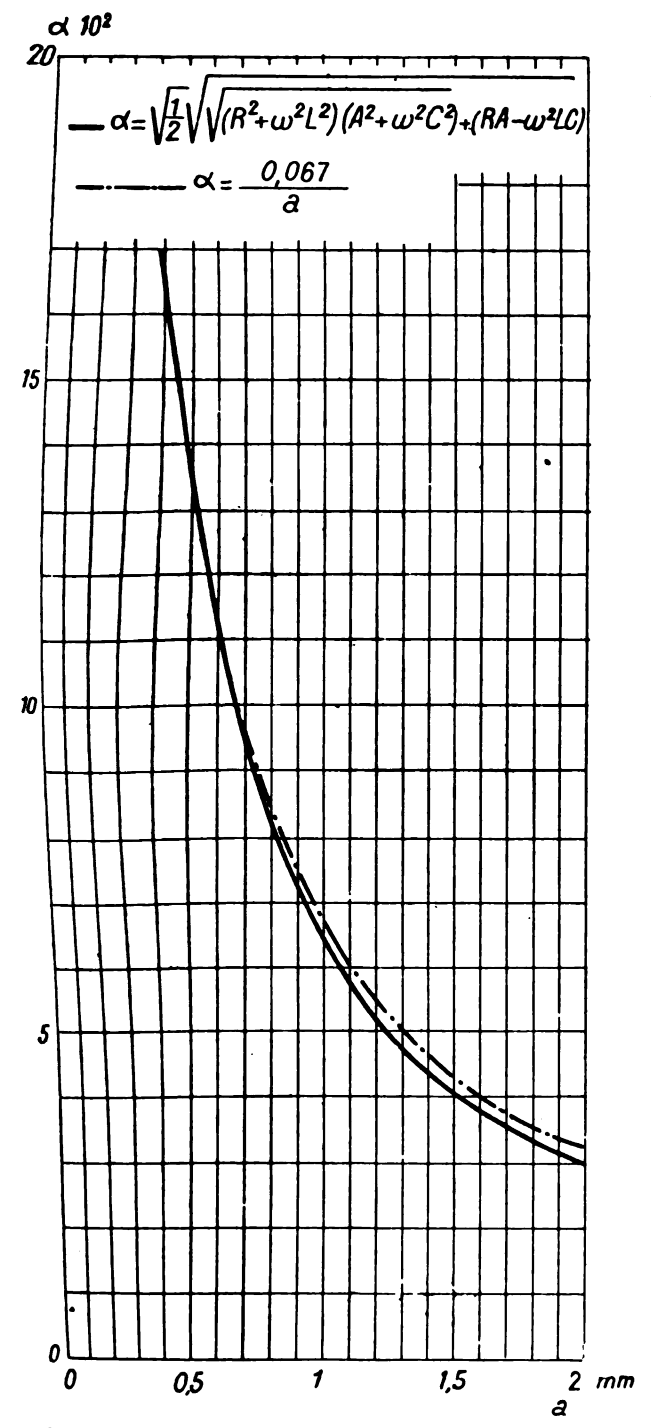


Fig. 2. — Constante d'affaiblissement pour des câbles aériens
(a = diamètre du fil, en millimètres).

III. — Supposons qu'on puisse exprimer le prix d'une ligne de la manière suivante :

$$Q = P_o + p\, l\, a^2 = P_o + q\, l\, G \qquad \text{(III)}$$

où P_o, p et q sont des constantes, variables suivant le type de ligne dont il s'agit, et G, le poids d'un kilomètre de fil.

La formule III n'est pas rigoureusement exacte, mais elle donne une approximation suffisamment bonne. Les constantes P_o, p et q doivent, bien entendu, être calculées expérimentalement dans chaque cas particulier.

P_o est la constante qui dans les dépenses totales est indépendante du choix des conducteurs de la ligne. Par suite, la valeur de cette constante n'influe pas sur la détermination des conditions minima. Nous pouvons donc négliger P_o et écrire :

$$Q = p\, l\, a^2 = q\, l\, G$$

Nous exprimons le montant total des dépenses Q_τ sous la forme :

$$Q_\tau = \Sigma\, Q.$$

où la somme comprend la totalité des lignes du réseau.

Problème principal et solution.

I. — *Central unique desservant* ν *groupes de lignes interurbaines.*

Considérons d'abord un seul central téléphonique auquel aboutissent n_1 lignes d'abonnés (fig. 3). Appelons $l_{1_1}, l_{1_2}, l_{1_3} \ldots . l_{1_{n_1}}$ la longueur de ces lignes, l_{1_m} la plus grande longueur et l_{1_e} la longueur moyenne.

Les diamètres de ces lignes sont respectivement :

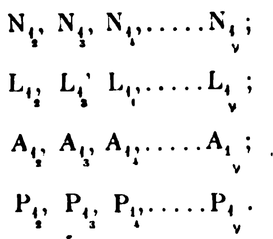
$$a_{1_1},\ a_{1_2},\ a_{1_3}, \ldots\ldots a_{1_{n_1}},$$

et les prix, respectivement,

$$p_{1_1},\ p_{1_2},\ p_{1_3}, \ldots\ldots p_{1_n}$$

De C_1 partent ν groupes de lignes interurbaines aboutissant à $O_{1_2}, O_{1_3}, O_{1_4}, \ldots . O_{1_\nu}$. Le nombre N, la longueur L, le diamètre A et

les constantes de prix P de ces lignes sont respectivement :



$$N_{1_2},\ N_{1_3},\ N_{1_4}, \ldots\ldots N_{1_v} ;$$

$$L_{1_2},\ L_{1_3},\ L_{1_4}, \ldots\ldots L_{1_v} ;$$

$$A_{1_2},\ A_{1_3},\ A_{1_4}, \ldots\ldots A_{1_v} ;$$

$$P_{1_2},\ P_{1_3},\ P_{1_4}, \ldots\ldots P_{1_v} .$$

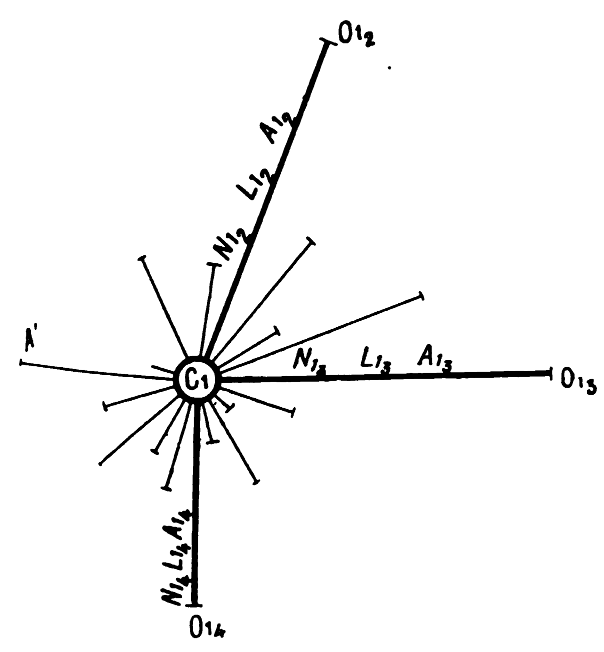


Fig. 3

Entre le poste d'un abonné quelconque et le point extrême O_{1_s}, l'affaiblissement total B_{1_s} doit satisfaire à la formule

$$B_{1_s} \leqslant B^{\circ}_{1_s} \tag{1}$$

où B_{1_s} représente la constante d'affaiblissement maximum entre un abonné et le point O_{1_s}.

Le problème consiste à construire le réseau de façon à ce que la valeur

$$Q\tau = \Sigma\ Q \tag{2}$$

soit un minimum, la somme comprenant toutes les lignes du réseau.

Nous résoudrons le problème dans chacun des deux cas suivants : 1° les lignes des abonnés ont la même constante d'affaiblissement total ; 2° toutes ont le même diamètre.

1er cas. — Toutes les lignes d'abonnés ont la même constante d'affaiblissement total B_o. Le problème revient à calculer B_o en sorte que Q_τ soit un minimum.

Les équations II et II *bis* donnent pour les lignes d'abonnés et les lignes interurbaines respectivement :

$$\left.\begin{aligned} \text{ainsi : } \alpha_{1_s} &= \frac{B_o}{l_{1s}}, \\ \alpha_{1_s} &= \varphi_a\,(a_{1s}), \\ \alpha_{1_s} &= \psi_a\,(\alpha_{1_s}) = \psi_a\left(\frac{B_o}{l_{1s}}\right) \end{aligned}\right\} \quad (3)$$

$$\left.\begin{aligned} \text{ainsi : } \alpha'_{1_r} &= \frac{B^o_{1r} - B_o}{L_{1r}}, \\ \alpha'_{1r} &= \varphi_c\,(A_{1r}), \\ A_{1_r} &= \psi_c\,(\alpha'_{1_r}) = \psi_c\left(\frac{B^o_{1r} - B_o}{L_{1r}}\right) \end{aligned}\right\} \quad (4)$$

On a donc :

$$\left.\begin{aligned} Q_\tau = &\sum_{s=1}^{s=n_1} p_{1s} \times l_{1s} \times \left[\psi_a\left(\frac{B_o}{l_{1s}}\right)\right]^2 \\ &+ \sum_{r=1}^{r=\nu} P_{1r} \times N_{1r} \times L_{1r} \left[\psi_c\left(\frac{B^o_{1r} - B_o}{L_{1r}}\right)\right]^2 \end{aligned}\right\} \quad (5)$$

Q_τ est minimum lorsque $\frac{dQ_\tau}{dB_o} = 0$, et cette équation donne :

$$\sum_{s=1}^{s=n_1} p_{1_s} \times \psi_a\left(\frac{B_o}{l_{1s}}\right)\psi'_a\left(\frac{B_o}{l_{1s}}\right) = \sum_{r=1}^{r=\nu} P_{1_r} \times N_{1_r} \times \psi_c\left(\frac{B^o_{1r} - B_o}{L_{1r}}\right)$$

$$\psi'_c\left(\frac{B^o_{1r} - B_o}{L_{1r}}\right) \ldots\ldots (6)$$

En tenant compte des formules (3) et (4), l'équation peut s'écrire :

$$\sum_{s=1}^{s=n_1} p_{1_s} \times a_{1s} \times \psi'_a\,[\varphi_a\,(a_{1s})] = \sum_{r=1}^{r=\nu} P_{1_r} \times N_{1_r} \times A_{1_r} \times \psi'_c\,[\varphi_c\,(A_{1_r})] \ldots (A)$$

Cette relation est la seule condition de minimum parce que, concurremment avec les n_1 équations (3) et les ν équations (4), elle est suffisante pour calculer B_0 et les $(n_1 + \nu)$ diamètres.

L'équation (A) présente cette particularité qu'elle est indépendante de la valeur des constantes d'affaiblissement total données B_{1r} et de la longueur des lignes. N'y figurent que le nombre et le diamètre des lignes ainsi que les constantes relatives aux prix. La condition du minimum (A) est donc très générale.

2ᵉ *cas.* — Si toutes les lignes d'abonnés ont le même diamètre, au lieu de la formule (A) nous avons les équations suivantes :

$$\sum_{s=1}^{s=n_1} p_1 \frac{l_{1s}}{l_1^0} a\, \psi'_a[\varphi_a(a_1)] = p_1 n_1 \frac{l_{1^0}}{l_{1m}} a_1\, \varphi'_a[\varphi_a(a_1)] =$$

$$\sum_{r=1}^{r=\nu} P_{1_r} \times N_{1_r} \times A_{1_r}\, \psi'_e[\varphi_e(A_1r)] \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (A')$$

Les équations A et A' sont valables pour n'importe quelle forme de la fonction φ. Le tableau ci-contre reproduit les équations (A) et (A') pour certaines formes simples de la fonction φ.

II. — *Plusieurs centraux reliés par des groupes de lignes interurbaines.* — Nous sommes à même maintenant d'indiquer les conditions minima pour un nombre μ de centraux reliés entre eux par des lignes interurbaines. Nous aurons dans ce cas μ équations de minimum (une pour chaque central téléphonique) et autant d'équations relatives à l'affaiblissement qu'il y a de lignes interurbaines.

Par conséquent, nous obtiendrons un nombre d'équations juste suffisant pour calculer les diamètres des lignes d'abonnés et des lignes interurbaines.

III. — *Nouvelle généralisation du problème.* — Jusqu'ici nous avons parlé seulement des lignes d'abonnés et des lignes interurbaines; mais, les mêmes conditions minima sont vraies pour toutes les bifurcations P, lorsque les lignes bifurquées rentrent dans deux catégories A et C, en sorte que toute communication passant par P emprunte l'une des lignes de la catégorie A et l'une des lignes de la catégorie C.

Si, par exemple, n lignes interurbaines de diamètre a et ν groupes d'autres lignes (N_1 de diamètre A_1.....$N\nu$ de diamètre $A\nu$) quittent

ÉQUATION DU MINIMUM

φ	1re supposition	2e supposition	Remarques
$\alpha = \varphi_a(a) = \frac{ba}{a^u}$ $\alpha = \varphi_c(A) = \frac{ba}{A^u}$	$\sum_{s=1}^{s=n_1} \frac{p_{1s}}{ba} a_{1_s}^{2+u} = \sum_{r=1}^{r=\nu} \frac{P_{1r}}{b_c} N_{1r} \times A_{1_r}^{2+\nu}$ ... (A_1) ou bien : $\sum_{s=1}^{s=n_1} p_{1_s} l_{1_s} a^2_{1_s} = \sum_{r=1}^{r=\nu} P_{1_r} . N_{1_r} . L'_{1_r} . A^2_{1_r}$... (B)	$\frac{p_1}{b_a} n_1 \frac{l_1}{l_{1m}} — a_1^{2+u} = \sum_{r=1}^{r=\nu} \frac{P_1}{b_{c_r}} N_{1_r} . A_{1_r}^{2+u}$ ...(A'_1) ou bien : $p_1 \, n_1 \, l_1 \, a^2_1 = \sum_{r=1}^{r=\nu} P_{1_r} . N_{1_r} L'_{1_r} . A^2_{1_r}$... (B')	$L_1{}^1{}_r = B_0 \frac{A_1{}''_r}{b_c} = \frac{b_a}{a_1{}^n} . \frac{A_1{}^n{}_r}{b_c} l_{1m}$ = *longueur équivalente* d'une ligne interurbaine du groupe *r*. Les équations (B) et (B') nous montrent que la condition du minimum est la suivante : *Le prix de toutes les lignes d'abonnés doit être égal au prix total des longueurs équivalentes de toutes les lignes interurbaines.*
$u = 1$ (Câbles)		$\frac{p_1}{b_a} n_1 \frac{l_{10}}{l_{1_m}} a^3_1 = \sum_{r=1}^{r=\nu} \frac{P_{1r}}{b_c} N_{1_r} . A^3_{1_r}$... (A'_1)	
$u = \frac{3}{2}$ (Lignes aériennes)		$\frac{p_1}{b_{1a}} n_1 \frac{l_{10}}{l_1} a_1^{\frac{7}{2}} = \sum_{r=1}^{r=\nu} \frac{P_{1r}}{b'_c} N_{1_r} . A_{1_r}^{\frac{7}{2}}$ ... (A''_1)	
$u = 1$ pour les lignes d'abonnés $u = \frac{3}{2}$ pour les lignes interurbaines		$\frac{p_1}{b_a} n_1 \frac{l_{10}}{l_{1_m}} a^3_1 = \frac{2}{3} \sum_{r=1}^{r=\nu} \frac{P_{1r}}{b'_c} N_{1_r} . A_{1_r}^{\frac{7}{2}}$ ... (C')	
$u = \frac{3}{2}$ pour les lignes d'abonnés $u = 1$ pour les lignes interurbaines.		$\frac{2}{3} \frac{p_1}{b'_a} n_1 \frac{l_{10}}{l_{1_m}} a_1^{\frac{7}{2}} = \sum_{r=1}^{r=\nu} \frac{P_{1r}}{b_c} N_{1_r} A^3_{1_r}$... (C'')	

une jonction P, de sorte que les n lignes constituent la classe A et les ν groupes de lignes la classe C, nous aurons donc, pour un minimum de frais, la relation suivante :

$$p\, n\, a\, \psi'[\varphi(a)] = \sum_{r=1}^{r=\nu} P_r\, N_r\, A_r\, \psi'_c\,[\varphi_c\,(A_r)] \qquad (D)$$

Si toutes les lignes sont en câbles, nous pouvons employer la formule approximative II^{ter} ; de plus, si nous posons $b_a = b_c$ et $P_r = P$, la formule D devient :

$$n\, a^3 = \sum_{r=1}^{r=\nu} N_r\, A^3_r$$

Si ensuite nous supposons que tous les A_r (diamètres) sont égaux nous aurons :

$$na^3 = A^3 \sum_{r=1}^{r=\nu} N_r = N \times A^3, \qquad (D^{bis})$$

ou encore :

$$\frac{a}{A} = \sqrt[3]{\frac{N}{n}} \qquad (D^{ter})$$

où ($N = \Sigma\, N_s$) est le nombre total des lignes de la classe C. Pour des lignes aériennes, l'équation correspondant à D^{ter} serait :

$$\frac{a}{A} = \sqrt[7]{\left(\frac{\Sigma\ N}{n}\right)^2} = \sqrt[7]{\left(\frac{N}{n}\right)^2} \qquad (E)$$

On peut trouver de la même manière la solution du problème lorsqu'on est limité en ce qui concerne le choix des diamètres des fils.

Extensions du réseau de câbles américains sous-marins (*Telegr. and Teleph. Age :* septembre 1922). — Les deux compagnies américaines qui doivent construire les câbles sous-marins New York-Emden via les Açores, ont également projeté de poser chacune un nouveau câble transpacifique : le premier passera par les îles Haway et Midway pour atterrir au Japon, le second par l'Alaska et les îles Aléoutiennes pour desservir la Sibérie et l'Orient.

On se propose en outre d'organiser d'ici quelques mois un ser-

vice entre les États-Unis et le Brésil, et de l'étendre à travers le continent sud-américain jusqu'à Panama. Finalement, cette compagnie possédera un circuit qui fera tout le tour de l'Amérique du Sud.

Une compagnie américaine projette de construire plusieurs câbles, le long de la côte septentrionale de l'Amérique du Sud, qui desserviront plusieurs ports de la Colombie et du Vénézuéla et qui seront raccordés au réseau des Antilles, dont la compagnie est déjà propriétaire.

Tous ces projets d'extension appelés à améliorer les communications internationales des États-Unis se heurtent actuellement à de nombreuses difficultés, telles que celles qui résultent des troubles politiques dans certains pays intéressés et des concessions exclusives accordées à des compagnies étrangères. Toutefois la plupart des difficultés sont à la veille d'être résolues, et d'ici deux ans, le réseau de câbles mis à la disposition des hommes d'affaires américains sera notablement développé, et le service considérablement amélioré.

Une compagnie de câbles des États-Unis a imaginé récemment un câble à grand rendement qui a été adopté pour les extensions projetées vers l'Europe ; il reste à le soumettre à des essais pratiques, mais, en général, les ingénieurs des câbles s'accordent à reconnaître, avec les fabricants, qu'un câble de ce modèle permettra d'écouler un trafic cinq fois plus important que celui qu'on parvient à écouler aujourd'hui sur les câbles de même dimension. Ce qui revient à dire que le nouveau câble rendra autant de services que cinq câbles anciens.

La réalisation de ce câble à grand rendement constitue un des progrès les plus notables accomplis depuis de nombreuses années par les spécialistes de la construction des câbles ; de plus, elle aidera les compagnies de câbles à assurer un service de transmission des messages internationaux supérieur à tout autre mode de communication.

Les anciens câbles transatlantiques allemands (*Telegr. and Teleph. Age :* avril 1922). — Une conférence internationale doit s'ouvrir prochainement à Washington pour régler l'attribution des anciens câbles transatlantiques allemands.

Des délégués français, anglais, italiens, japonais et américains y seront convoqués pour disposer de trois câbles exploités par les Alliés conformément aux décisions du traité de Versailles. En vertu d'un arrangement conclu entre puissances intéressées, la gestion a été confiée à l'Angleterre et à la France ; les revenus sont mis de côté pour être ensuite répartis entre puissances suivant les décisions prises à une conférence nommée à cet effet.

Actuellement, la Grande-Bretagne exploite le câble Halifax-Penzance ; la France : les câbles Brest-New York et Brest-Pernambouc. Tous ces câbles touchent aux Açores.

L'Italie a essayé d'utiliser un de ces câbles : elle a proposé que les bénéfices d'exploitation soient consacrés à la construction d'un nouveau câble Açores-Italie, qui procurerait au gouvernement italien une liaison directe par câble avec les Amériques. Le gouvernement américain déclare que ce qui l'intéresse le plus, c'est d'avoir une liaison directe avec l'Allemagne.

La part qui peut revenir au Japon semble être réglée par l'attribution qui lui a été faite d'une des lignes partant de l'île de Guam (Océan Pacifique) ; malgré cela l'ambassadeur Shidehara sera invité à la prochaine conférence, en raison de ce qu'il revient au Japon une part des câbles transatlantiques, en vertu du traité de Versailles.

Malgré que le gouvernement hollandais n'ait pas consenti formellement à la répartition des câbles allemands du Pacifique (qui lui donnait, à partir de Guam, une ligne avec ses colonies en Orient), on dit que l'accord relatif à l'île de Guam donnerait toute satisfaction aux Pays-Bas.

La standardisation du matériel téléphonique permet d'éviter de grosses dépenses (*Telephone Engineer* : septembre 1922). — Sous la direction de M. Hoover, Ministre du Commerce, les Ingénieurs des États-Unis procèdent actuellement à l'étude des divers établissements industriels en vue de rechercher jusqu'à quel point il serait possible de remédier au véritable gaspillage constaté jusqu'à ce jour.

Il ne semble pas jusqu'ici qu'on ait suffisamment consulté les constructeurs de matériel téléphonique, et cependant personne ne doute qu'il est possible de simplifier beaucoup la liste des produits manufacturés utilisés dans les installations téléphoniques des États-Unis. Prenons par exemple le matériel de construction de lignes : lorsqu'on parcourt un catalogue, on est frappé par le grand nombre de modèles différents d'une même pièce, qui sont fabriqués et entreposés par les constructeurs ou vendus aux clients. Il est certain que divers modèles ne sont demandés que tout à fait exceptionnellement, et qu'on pourrait fort bien s'en passer sans rien changer aux méthodes de construction actuellement en vigueur.

L'argent qui dort ainsi en magasin et les risques de détérioration du matériel représentent une part importante des frais des constructeurs. D'importantes économies seraient réalisées si l'on cessait de fabriquer les modèles peu demandés après avoir adopté un nombre réduit de pièces-types. Les constructeurs pourraient ainsi augmenter la production de ces dernières tout en réalisant des économies de machines-outils et de matières premières de différents calibres. Les frais de fabrication se trouveraient réduits d'autant.

Il en est de même pour les appareils téléphoniques. Citons quelques exemples. Il n'y a pas deux constructeurs qui utilisent pour les embouchures des microphones des vis ayant même longueur et même pas ; il existe une variété innombrable de vis de fixation pour cordons. Les écrous, les bornes des divers organes des appareils ne sont pas standardisés ; et combien d'autres diversités ! Il est possible qu'en simplifiant et unifiant tous ces articles les fabricants ne réaliseraient pas des économies considérables, mais les exploitants en profiteraient. Ces derniers, en effet, sont obligés de constituer des stocks de pièces de rechange plus considérables que si ces pièces étaient standardisées. Certaines réparations se trouvent retardées, il se produit souvent des pertes de temps parce que le monteur ne trouve pas dans son sac la pièce du calibre voulu qui lui est nécessaire.

Il n'est pas possible de donner des chiffres qui indiqueraient le surcroît de dépenses occasionné par l'absence de standardisation des appareils téléphoniques et du matériel de construction, mais il n'est

pas douteux que pour l'ensemble du pays on arriverait à un total annuel vraiment fabuleux.

Pourquoi les grands câbles téléphoniques sont aériens aux États-Unis et souterrains en Angleterre (*Electrician :* septembre 1922). — Sur le continent, les conditions économiques et légales sont pratiquement les mêmes qu'en Angleterre, mais il en est tout autrement en Amérique. Là-bas on obtient très facilement des autorisations, voire des droits de passage, de sorte qu'on peut construire des lignes aériennes sans crainte d'interruption; en outre, les distances sont si grandes, que les avantages des câbles aériens sautent aux yeux. La différence s'accentue encore du fait qu'en Amérique, si les conduites ne sont pas enterrées très profondément, les fortes gelées les endommagent d'une façon insoupçonnée dans nos pays. En ce qui touche les détails techniques, les méthodes anglaises ressemblent beaucoup à celles utilisées en Amérique, où pour les raisons indiquées une plus grande expérience a été acquise. Mais on peut dire que d'une façon générale il y a une tendance de plus en plus marquée à se servir des câbles souterrains, ce qui est, nous en sommes persuadés, la bonne tactique.

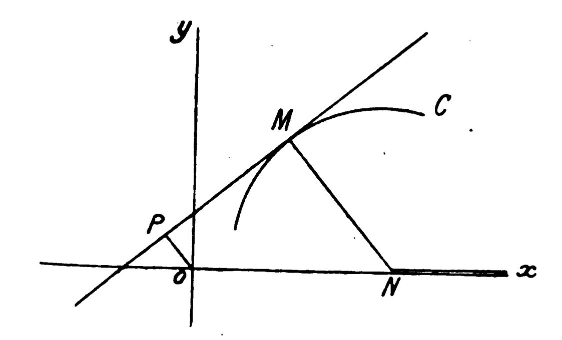
Réception radiotélégraphique (*Ruhr Echo :* août 1922). — On est parvenu récemment à recueillir, à l'aide d'installations réceptrices nécessitant très peu de place et facilement transportables, les messages émis par des stations situées à une distance de plus de 19.000 kilomètres. Il est désormais possible d'entendre en n'importe quel point du globe, les signaux lancés par des stations assez puissantes.

L'Oberingenieur Dr. Esau, envoyé à Buenos-Aires pour déterminer l'emplacement le plus favorable à l'établissement des installations réceptrices de la centrale de T. S. F. actuellement en construction en Argentine, a choisi un point situé à proximité de la capitale. Ce choix était particulièrement délicat en raison des violentes perturbations atmosphériques qui jusqu'ici gênaient considérablement les réceptions radiotélégraphiques en Argentine, et menaçaient, par

conséquent, d'entraver les communications que la nouvelle station est destinée à assurer entre sa station correspondante, Nauen, distante de 12.000 kilomètres, et l'Amérique du Sud. On a réussi à annihiler les effets de ces perturbations au moyen d'une antenne en forme de cadre, de sorte que la centrale peut d'ores et déjà fonctionner comme réceptrice. Pour la première fois, les signaux d'une station japonaise de puissance modérée, distante de 19.000 kilomètres, située aux antipodes de Buenos-Aires, ont pu être recueillis par deux itinéraires différents, l'un traversant l'Océan Pacifique, l'autre les continents africain et asiatique. Par ce dernier trajet, les signaux arrivent considérablement affaiblis comparativement à ceux qui ont franchi le Pacifique ; à égalité de distance, leur intensité est 100 fois moins forte. De remarquables résultats intéressant la météorologie ont été également obtenus.

INFORMATIONS ET VARIÉTÉS.

Questions écrites du concours d'admission d'élèves ingénieurs, à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes (1922). — Analyse. — I. Étant donné deux axes rectangulaires ox, oy, soient M un point d'une courbe C située dans le plan xoy, N le point où la normale en M à cette courbe rencontre l'axe ox, P le pied de la perpendiculaire abaissée du point O sur la tangente en

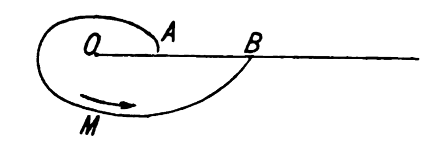


M. On demande de trouver les courbes C telles que l'on ait $\overline{OP} \times \overline{NM} = K\ \overline{OM}^2$, K étant une constante donnée, et leurs trajectoires orthogonales. Examiner les cas particuliers :

$$K = 1, \frac{1}{2}, \frac{3}{2}, 2.$$

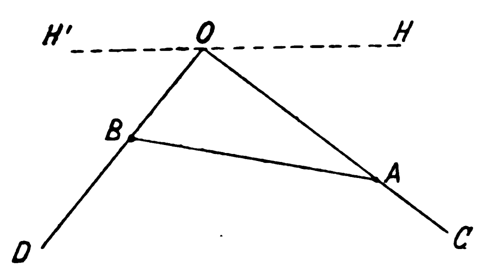
II. Déterminer l'exposant n de façon que l'expression :

$$I = \frac{a x^2 + 2 b x y + c y^2}{(x^2 + y^2)^n} (x d y - y d x),$$

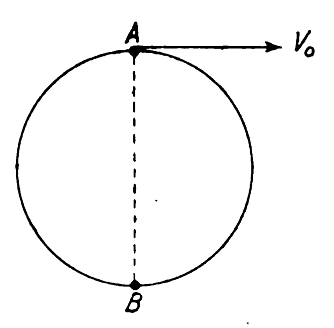


où a, b, c sont des constantes, soit une différentielle exacte. Calculer ensuite l'intégrale curviligne $\int I$, prise le long d'un chemin tel que A M B (O A = 1, O B = 2).

Mécanique. — I. Une tige infiniment mince A B, de longueur l, homogène et pesante, se meut dans un plan vertical. Ses extrémités sont assujetties à glisser sans frottement sur deux droites rectangulaires O C, O D, également inclinées au-dessous de l'horizontale H H′ passant par le point O. A l'instant initial, cette tige est horizontale et tourne avec une vitesse angulaire donnée ω_0. Trouver la loi de son mouvement. Examiner en particulier le cas où la vitesse ω_0 est infiniment petite et calculer alors la durée des oscillations.



II. Sur une circonférence horizontale se meuvent sans frottement deux petites sphères identiques A et B assimilées à de simples points matériels. Ces sphères sont imparfaitement élastiques, en



sorte que, chaque fois qu'elles se heurtent, la vitesse relative après le choc est une fraction ε de la vitesse relative avant le choc, chan-

gée de signe (ε étant une constante donnée, comprise entre zéro et un). A l'instant initial ces deux sphères sont diamétralement opposées. La sphère A est animée d'une vitesse V_0, la sphère B est immobile.

Étudier les phases successives du mouvement de ce système quand le temps augmente de plus en plus ; à cet effet, calculer les vitesses et la perte de force vive après chaque choc.

PHYSIQUE. — I. Exposer sommairement les lois des actions chimiques des courants ; application à l'analyse des phénomènes de polarisation électrolytique.

I. Une mince lame d'air est limitée par 2 lames planes de verre ayant toutes les deux la forme d'un carré de un centimètre de côté. Les deux lames sont en contact le long d'un côté du carré, et les côtés opposés sont distants de un centième de millimètre.

La lame mince est éclairée en lumière presque exactement normale, et l'on recueille le faisceau réfléchi avec une lentille achromatique de un demi-mètre de distance locale, placée à un mètre de la lame mince. A un mètre au delà de cette lentille la lumière est reçue sur un écran E.

On demande d'expliquer comment il se fait que pour cette position de l'écran E on aperçoit sur cet écran des franges nettes qui sont les images de celles que l'on observerait en regardant directement la lame mince éclairée, comme il a été dit, en lumière presque normale, et étudiée par réflexion.

Quelle est la disposition des franges vues sur l'écran E quand on opère soit en lumière blanche, soit en lumière monochromatique ayant une longueur d'onde de un demi-micron ?

On remplace enfin l'écran E par un spectroscope dont la fente est dans le plan E, parallèlement à la direction des franges. On demande quels sont les aspects successifs du spectre lorsque la fente du spectroscope est transportée d'un bord à l'autre du faisceau lumineux.

CHIMIE. — 1° Acides phosphoriques et phosphates. — Préparations, propriétés, caractères et usages ;

2° Méthodes de dosage d'un bi-oxyde de manganèse industriel.

DESSIN. — 1° Dessiner à main levée, au crayon sur une feuille à

papier quadrillée au millimètre un croquis coté d'un porte-charbon de dynamo. — Le modèle sera mis pendant une heure à la disposition des candidats. — Il est interdit de se servir du modèle pour en tracer le contour;

2° Mettre le croquis au net en se servant des instruments habituels de dessin. Le porte-charbon est situé dans le premier dièdre sur le plan A H, parallèlement à la trace horizontale d'un plan vertical, cette trace formant avec la ligne $x\,y$ deux angles adjacents de 50° et 130°. L'objet est placé dans l'angle de 50°.

L'épure comportera :

a) projection sur le plan S. V.

b) — A. H.

c) vue de profil.

Les parties pointillées ne sont pas exigées mais les lignes de construction devront figurer sur le dessin au net.

Les candidats devront être munis des instruments de dessin nécessaires. Une planche à dessin, un pied à coulisse et deux feuilles de papier à dessin dont une quadrillée, seront remis à chaque candidat.

Le temps accordé, en y comprenant l'heure donnée pour relever le croquis, est de 4 heures.

Le réseau des télégraphes allemands jusqu'à ce jour et son avenir. — Un conseiller supérieur des postes, M. Berger, a publié sous ce titre, dans le numéro du 16 mai dernier de la « Zeitschrift für Fernmeldetechnik », une étude des plus intéressantes, qui est basée sur les considérations suivantes :

Dans le service actuel des télégraphes du Reich, la grande majorité des liaisons n'est pas utilisée d'une façon complète en raison de ce que le mauvais état des fils de l'ancien réseau s'oppose à l'emploi des appareils télégraphiques à grand rendement, mais excessivement délicats, et ne permet d'utiliser qu'un seul appareil rapide : le Hughes.

Pour le trafic sur courte distance, l'embrochage de plusieurs bureaux télégraphiques sur une même liaison entraîne une utilisation particulièrement défavorable de la communication.

Les chiffres statistiques indiqués par l'auteur montrent d'une part que le nombre des télégrammes s'est très fortement accru de 1875 à 1919 (jusqu'à 1913 leur nombre a sextuplé — jusqu'à 1919 il est devenu 8 fois plus grand) ; d'autre part, que cette augmentation a obligé à étendre le réseau, qui est également devenu 5 fois plus important, et à accroître proportionnellement le nombre des appareils en service.

Toujours est-il que l'auteur considère comme fâcheux le fait que, dans cette période, la moyenne journalière des télégrammes manipulés sur tous les appareils ne s'est accrue que dans la proportion faible de 11 à 19, ce qui décèle, eu égard aux nombreux appareils en service et au nombre des communications employées, une très mauvaise utilisation de la plupart de ces appareils et de ces communications.

M. Berger ne recherche pas l'origine de cette insuffisance de rendement dans des causes d'ordre secondaire que l'on invoque volontiers, mais va droit au cœur de la question.

L'Administration des télégraphes du Reich n'a pas tenu compte du principe fondamental de toute exploitation technique, à savoir : adapter les moyens d'exploitation au but poursuivi.

Elle a décentralisé, adopté un trop grand nombre de solutions possibles pour aboutir finalement à un rendement notoirement insuffisant.

M. Berger réclame une organisation sur des bases entièrement nouvelles : le trafic à longue distance doit être « draîné » sur un nombre de canalisations le plus petit possible mais à très grand rendement, sous la forme de lignes en câbles souterrains à grande distance qui seront exploitées avec des appareils télégraphiques très rapides Siemens-Wheatstone). Ces liaisons relieront un certain nombre de centraux de jonction (« Knotenämter » ou bureaux de liaison) des centres industriels.

Pour arriver à ce résultat sans poser de nouvelles lignes en câbles, on propose, pour la télégraphie, l'emploi des courants alternatifs de haute fréquence harmoniques syntonisés qui permettront d'utiliser les câbles téléphoniques existants sans gêner le trafic téléphonique.

Les centraux de liaison recevront les télégrammes transmis par les bureaux « collecteurs » (qui recueillent les télégrammes) sur des lignes exploitées au Sounder. Les bureaux municipaux « collecteurs » recevront par téléphone, les télégrammes des plus petits bureaux ou des bureaux de moyenne importance.

L'emploi du téléphone pour la transmission des télégrammes apparaît à l'auteur comme éminemment désirable, notamment pour la raison que dans les petits ou moyens bureaux, il n'est pas possible d'assurer le service télégraphique quand les employés morsistes exercés viennent à manquer momentanément.

Les considérations de M. Berger, à savoir — que la mise sous câbles des longues lignes aériennes augmentera la sécurité des communications et améliorera l'exploitation ; que l'organisation de l'échange des communications suivant d'autres principes influera favorablement sur l'équilibre du budget du ministère des postes — font ressortir pleinement l'importance de son étude.

Il est à désirer et à souhaiter que les fortes oppositions rencontrées au sein du Ministère des postes soient vaincues par ces innovations qui s'inspirent d'un unique souci : l'intérêt de la bonne marche des services.

Mieux vaut prévenir les dérangements que d'avoir à les réparer. — L'Administration allemande des télégraphes a fait procéder à une étude sur le nombre et la nature des dérangements relevés de 1911 à 1920 sur les fils télégraphiques et sur les circuits téléphoniques. Deux courbes ont été tracées, qui ont sensiblement la même allure, mais qui permettent de constater que les fils télégraphiques sont plus souvent en dérangement que les lignes téléphoniques. Il semble qu'il faille en chercher la raison dans le fait que le réseau télégraphique est plus ancien que le réseau téléphonique. Une révision périodique et minutieuse des lignes s'impose donc et il vaut mieux prévenir les interruptions que d'y remédier au fur et à mesure qu'elles se produisent.

Un poste récepteur radiotéléphonique simple. — La

station de Königswusterhausen est chargée de la transmission des mercuriales et autres renseignements intéressant les milieux commerciaux. Il a fallu inventer un dispositif récepteur très simple n'exigeant pas de connaissances techniques spéciales. On en trouve la description dans le numéro de décembre 1921 de la Revue *Telegr. u. Fernspr. Technik.* Les courants nécessaires au fonctionnement du poste (courant de chauffage et courant de plaque) sont pris directement sur le réseau d'énergie, à travers des bobines de réactance et autres dispositifs d'amortissement. Le récepteur ne comprend qu'un tube à vide à couplage réactif, calculé pour recevoir sur des longueurs d'onde comprises entre 3.000 et 4.500 mètres ; il peut être associé à un amplificateur basse fréquence à un, deux ou trois étages. Tous les réglages s'effectuent avec la plus grande facilité.

Construction d'une grande station de T.S.F. en Bavière. — On annonce de Bavière que l'on doit construire près de l'usine électrique de Walchonsee une station de T.S.F. à grande puissance.

La nouvelle station sera caractérisée par le dispositif suivant : les extrémités de l'antenne au lieu d'être fixées à des pylônes seront tendues au-dessus de la vallée entre le Herzogsstand et Stein. Ce dispositif permet de réduire au minimum les frais d'installation. La puissance de la station sera de 1.000 kilowatts. On prévoit l'installation d'un émetteur Laurenz-Poulsen-Schmit. La nouvelle station correspondra avec l'univers entier.

Les négociations entamées avec les autorités compétentes seraient sur le point d'aboutir.

Equivalents de transmission des lignes téléphoniques. — Les circuits à longue distance aux États-Unis sont construits de telle façon, qu'entre deux postes d'abonnés, l'équivalent de transmission ne soit pas supérieur à une valeur comprise entre 25 et 30 miles de câble standard. Les installations urbaines sont agencées de manière à ce que, entre deux postes quelconques, les pertes de

transmission ne dépassent pas 18, 19... 22 miles de fil standard. La répartition des pertes entre les circuits d'abonnés et les lignes de raccordement reliant les centraux qui les desservent, dépend des conditions spéciales à chaque cas, mais, en général, elle se traduit par une construction des installations urbaines qui est des plus économiques. Quant aux circuits à longue distance, ils sont construits pour donner un équivalent de transmission variable entre 10 et 14 miles de câble standard, tandis que les pertes de transmission dans les organes de commutation sont généralement inférieures ou égales à 3 miles de câble standard.

Remarques sur les machines à ouvrir les tranchées. — Sir William Noble, Ingénieur en Chef du Post Office britannique, disait dans une réunion récente de l'*Institution of Electrical Engineers* : « Le fonctionnement des machines à ouvrir les tranchées est peu sûr et souvent même défectueux ; on ne peut pas dire qu'elles ont fait leurs preuves. Une machine a été mise hors service pendant la moitié du temps par suite des réparations, des retards dus aux intempéries et des déplacements le long de la ligne. Nous avons demandé à plusieurs entrepreneurs de fouilles de mettre à l'essai une de ces machines. L'un d'eux y consentit, mais il renonça bientôt à s'en servir en déclarant qu'une équipe de terrassiers ferait aussi bien que la machine et à moins de frais. Sans parler des rangées d'arbres, ni des villages traversés, comment pourrions-nous, le long de nos routes encombrées, employer des machines à creuser et à combler les tranchées, des machines à damer, des malaxeurs pour fabriquer le béton, des perforeuses, des machines à dresser les poteaux, etc...? Le manque de place sur les routes suffit à lui seul à prohiber l'usage d'une ou plusieurs de ces machines-outils. En Amérique, on a confiance dans ces machines ; elles sont souvent avantageuses parce que, là-bas, les salaires sont beaucoup plus élevés qu'en Angleterre ; les frais de main-d'œuvre y sont certainement beaucoup plus élevés qu'avant la guerre ; c'est probablement une des raisons pour lesquelles l'usage de machines-outils s'est beaucoup développé aux États-Unis. Vu la hausse des salaires, il se pourrait qu'il y eût avantage à mettre à l'essai quelques-unes de ces

machines; c'est une question à étudier. Le Post Office anglais ne fait pas fi des voitures automobiles : plus de 700 véhicules de différentes catégories sont en service actuellement. »

Les pylônes de la station « New York Radio Central ». — Le système rayonnant de la station New York Radio comprendra 12 antennes radiales portées chacune par six pylônes de 125 mètres. A l'heure actuelle, 12 pylônes sont déjà en place. La construction des 60 autres se poursuit activement.

Le Gouvernement autrichien exige d'une compagnie de T.S.F. l'utilisation du personnel de l'État. — En raison de sa situation financière plus que précaire, le Gouvernement autrichien a dû céder ses postes de radiotélégraphie de Deutschaltenburg et de Laarberg à la Société Marconi de Londres pour une durée de 30 ans avec droit de rachat à l'expiration de la concession. Les clauses de celle-ci contiennent l'obligation de constituer une société autrichienne dont 30 °/₀ du capital actions serait donné au Gouvernement autrichien ainsi que la moitié de l'excédent des bénéfices en plus de 8 °/₀ du capital actions. Le personnel de la Société devra être exclusivement composé de ressortissants autrichiens. La Société s'engage à prendre tout son personnel, sauf le Directeur général, au début et pendant toute la durée de la concession dans les services de l'État, à condition qu'elle puisse y recruter tout le personnel compétent qui lui sera nécessaire.

Un entrepreneur qui sait profiter du progrès. — Un gros entrepreneur de Philadelphie vient de faire paraître l'annonce suivante :

« Tous les immeubles modernes que nous construisons actuellement dans le quartier ouest de Philadelphie, seront dotés de postes radiotéléphoniques complets qui permettront aux locataires d'écouter les concerts émis par les stations de Philadelphie, de Newark, etc... »

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages divers.

Méthodes et problèmes de théorie des fonctions, par E. Borel, membre de l'Institut (Gauthier-Villars, éditeurs, 55, quai Grands-Augustins, Paris VIe. 1 vol de 148 pages). Prix : 12 francs

Cours de Physique mathématique de la Faculté des Sciences, par J. Boussinesq, membre de l'Institut (Gauthier-Villars, éditeurs, 55, quai des Grands-Augustins, Paris VIe. 1 vol. de 217 pages). Prix : 30 francs.

La Physique théorique nouvelle, par J. Pacotte, docteur ès sciences (Gauthier-Villars, éditeurs, 55, quai des Grands-Augustins, Paris VIe. 1 vol. de 182 pages). Prix : 12 francs.

BREVETS D'INVENTION (1)

1re addition au brevet, 530.747. — Procédé et appareil pour la communication électrique. — M. David Galen McCAA. — États-Unis d'Amérique.

1re addition au brevet, 540.750. — Perfectionnements aux systèmes automatiques. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

1re addition au brevet, 537.056. — Nouveaux perfectionnements dans la téléphonie à haute fréquence. — M. Marius LATOUR. — France.

2e addition au brevet, 537.056. — Nouveaux perfectionnements dans la téléphonie à haute fréquence. — M. Marius LATOUR. — France.

1re addition au brevet, 450.234. — Perfectionnements dans les appareils de commutation pour interconnexion des lignes d'un réseau téléphonique. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

1re addition au brevet, 540.819. — Perfectionnements aux postes radio-récepteurs. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

1re addition au brevet, 464.867. — Système de transmission téléphonique. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

1re addition au brevet, 530.462. — Montage perfectionné de relais, spécialement applicable aux installations téléphoniques mixtes comprenant des postes reliés simultanément au réseau public et à un réseau privé. — Société : Le Téléphone Privé National. — France.

1re addition au brevet, 541.217. — Perfectionnement apporté aux dispositifs producteurs d'oscillations électriques, utilisés dans les systèmes de signalisation. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

1re addition au brevet, 509.701. — Système de récepteur d'ordres.

(1) Les descriptions (notices et dessins) relatives aux brevets sont en vente à l'Imprimerie Nationale, 87, rue Vieille-du-Temple, Paris (IIIe).



— Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

542.122. — Appareil pour la production de vibrations de haute fréquence, destinées en particulier à la transmission de messages. — Société : Deutsche Telephonwerke. — Allemagne.

542.301. — Système récepteur sélectif et antiparasite des ondes électro-magnétiques et des courants électriques à période constante — M. Yves Marrec. — France.

542.305. — Diaphragme pour transmetteur téléphonique. — M. Oscar Ryan. — États-Unis d'Amérique.

542.379. — Circuit de raccordement de central manuel à central automatique. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

542.380. — Systèmes téléphoniques automatiques de grande capacité. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

542.410. — Procédé et appareil pour la transmission d'images par voie télégraphique ou téléphonique. — M. Jorgen Thorvald-Andersen. - Danemark.

On trace sur l'image à transmettre un système rectangulaire de coordonnées, après quoi on réduit les contours de l'image à un certain nombre de lignes droites en remplaçant les arcs par leurs cordes ; on fixe ensuite la position de ces lignes droites dans le système de coordonnées et l'on indique cette position par des chiffres et des lettres. De cette manière, on obtient une expression de l'image au moyen de signes que l'on peut transmettre par télégraphe ou téléphone et que l'on transforme à nouveau à la réception en lignes droites, par une opération inverse. Grâce à ces lignes droites on reconstitue l'image transmise.

542.433. — Perfectionnements apportés aux téléphones. — M. Georges Baker-Riley. — Angleterre.

542.612. — Systèmes téléphoniques automatiques de grande capacité. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

542.763. — Conjoncteur-disjoncteur automatique pour standard mixte à batterie centrale intégrale. — Société des porcelaines et appareillages électriques Grammont. — France.

Le Gérant,
Léon EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS

12e ANNÉE, — N° 2. FÉVRIER 1923. PRIX : 2 fr. 50.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS
D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE.
3 RUE THÉNARD. PARIS Ve

Prix de l'Abonnement annuel : France .... 24 francs ; Étranger .... 27 francs

— Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

542.122. — Appareil pour la production de vibrations de haute fréquence, destinées en particulier à la transmission de messages. — Société : Deutsche Telephonwerke. — Allemagne.

542.301. — Système récepteur sélectif et antiparasite des ondes électro-magnétiques et des courants électriques à période constante — M. Yves Marrec. — France.

542.305. — Diaphragme pour transmetteur téléphonique. — M. Oscar Ryan. — États-Unis d'Amérique.

542.379. — Circuit de raccordement de central manuel à central automatique. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

542.380. — Systèmes téléphoniques automatiques de grande capacité. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

542.410. — Procédé et appareil pour la transmission d'images par voie télégraphique ou téléphonique. — M. Jorgen Thorvald-Andersen. - Danemark.

On trace sur l'image à transmettre un système rectangulaire de coordonnées, après quoi on réduit les contours de l'image à un certain nombre de lignes droites en remplaçant les arcs par leurs cordes ; on fixe ensuite la position de ces lignes droites dans le système de coordonnées et l'on indique cette position par des chiffres et des lettres. De cette manière, on obtient une expression de l'image au moyen de signes que l'on peut transmettre par télégraphe ou téléphone et que l'on transforme à nouveau à la réception en lignes droites, par une opération inverse. Grâce à ces lignes droites on reconstitue l'image transmise.

542.433. — Perfectionnements apportés aux téléphones. — M. Georges Baker-Riley. — Angleterre.

542.612. — Systèmes téléphoniques automatiques de grande capacité. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

542.763. — Conjoncteur-disjoncteur automatique pour standard mixte à batterie centrale intégrale. — Société des porcelaines et appareillages électriques Grammont. — France.

Le Gérant,
Léon EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS

12e ANNÉE. — N° 2. FÉVRIER 1923. PRIX : 2 fr. 50.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE.
3 RUE THÉNARD. PARIS Ve

Prix de l'Abonnement annuel : France .... 24 francs ; Etranger .... 27 francs.

COMMISSION DES ANNALES

DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une Commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes.*

Cette Commission se réunit à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VIIe.

Membres de la Commission :

M. DENNERY, Inspecteur Général, Directeur de l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, Président.

M. A. BLONDEL, Membre de l'Institut, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

Le Général FERRIÉ, Membre de l'Institut, Inspecteur Général de la Télégraphie Militaire, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. ABRAHAM, Professeur à la Sorbonne, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. GUTTON, Professeur à la Faculté des sciences de Nancy, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

Les Directeurs du Personnel, de l'Exploitation Télégraphique et de l'Exploitation Postale à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. MILON, Professeur à l'École Supérieure, Directeur de l'Exploitation Téléphonique.

M. POMEY, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

M. FERRIÈRE, Professeur à l'École Supérieure, Directeur des Postes et Télégraphes du département de la Seine.

M. AUGIER, Ingénieur en Chef des Postes et Télégraphes.

M. DIANO, Directeur des Postes et Télégraphes.

M. SAUNIER, Chef de bureau à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. REYNAUD-BONIN, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur des Postes et Télégraphes.

M. VALENSI, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur des Postes et Télégraphes.

MM. TAFFIN, Directeur des Postes et Télégraphes ; CAUCHIE, Inspecteur des Postes et Télégraphes, et LAVOIGNAT, Contrôleur des Postes et Télégraphes, Secrétaires.

M. PAULY, Rédacteur des Postes et Télégraphes, Secrétaire adjoint.

NOTA : La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

ÉTUDE THÉORIQUE ET EXPÉRIMENTALE

DU RÉCEPTEUR TÉLÉPHONIQUE[1]

Par M. KENNELLY

Professeur à l'Université de Harvard et au Massachusetts Institute of Technology.

CHAPITRE I

Description sommaire.

Un récepteur téléphonique comporte essentiellement : un boîtier, dans lequel sont disposés les organes actifs; un système électro-magnétique, et un diaphragme vibrant.

Système électro-magnétique. — Ce système, quant à sa forme ou ses dimensions, varie avec chaque type d'appareil. Il est essentiellement constitué par un aimant permanent, dont un des pôles, ou bien, les deux pôles, sont soumis à l'action magnétisante d'une bobine. Ce ou ces pôles exercent leur attraction sur le diaphragme.

Nous allons indiquer quelques chiffres, fixant l'ordre de grandeur des constantes magnétiques de l'aimant.

Dans un récepteur ordinaire, du type bipolaire, la section de chaque pièce polaire est environ $S = 0{,}25$ cm².

A l'état de repos, la force magnétomotrice, caractérisant l'état d'aimantation permanente est de l'ordre de $F = 200$ gilbert.

Le diaphragme est à une distance du plan des pôles $x = 0{,}075$ cm.

Le terme principal de la réluctance du circuit magnétique, étant la réluctance de l'air $R = \frac{2x}{S} = \frac{0{,}15}{0{,}25} = 0{,}6$ œrsted.

Le flux d'induction est donc : $\varphi = \frac{F}{R} = \frac{200}{0{,}6} = 330$ maxwell.

(1) Conférences données à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes.

Et l'induction elle-même : $B = \frac{\varphi}{S} = \frac{330}{0,25} = 1.320$ gauss.

La force d'attraction exercée au repos par l'aimant sur le diaphragme est donnée approximativement par la formule de Maxwell :

$$\frac{F}{2S} = \frac{B^2}{8\pi} \text{ dynes/cm}^2$$

$$F = \frac{2\ S\ B^2}{8\ \pi} = \frac{0,5\ \overline{1320}^2}{8\ \pi} = 34.800 \text{ dynes (environ)}$$

$$F = \frac{34.800}{981} = 35,5 \text{ grammes environ.}$$

L'excitation de l'électro-aimant par le passage d'un courant dans l'enroulement qui l'entoure, provoque une variation de l'induction.

Si N est le nombre de spires total de l'enroulement (comportant par exemple deux bobines, dans le cas considéré)

I l'intensité instantanée du courant traversant l'enroulement, la force magnétomotrice développée par l'excitation a pour valeur instantanée :

$$F_m = 4\pi\ N\ I$$

F_m est exprimée en gilberts, si I est exprimé en unités C G S électro-magnétiques,

Si par exemple N = 1.300

$I = 10^{-3}$ amp. (= 1 milliampère = 10^{-4} C G S E M)

$$F_m = 4\pi.\ 1.300.\ 10^{-4} = 1,6 \text{ gilbert.}$$

Si le courant est un courant alternatif, dont l'intensité I est l'intensité efficace, la force magnétomotrice sera également alternative, et F_m calculé représentera sa valeur efficace.

Les variations extrêmes de F seront alors données par :

$$F_M = F_m\sqrt{2} = 1,6 \times \sqrt{2} = 2,06.$$

On peut se proposer de voir quelles seront alors les variations de la force d'attraction exercée sur le diaphragme.

Remarquons, en premier lieu, que si les pièces polaires de

l'électro-aimant n'étaient pas aimantées préalablement, les variations de F_m, produiraient des variations de B qui admettraient pour maximum :

$$B_m = \frac{F_M}{RS}$$

soit dans le cas particulier considéré :

$$B_M = \frac{2.06}{0.6 \times 0,25} = 13,7 \text{ gauss.}$$

La force d'attraction, proportionnelle à B^2, serait une fonction périodique, de période double de celle du courant. Elle aurait pour minimum *o* pour valeur maxima :

$$F_M = \frac{B^2{}_M S}{4\pi} = \frac{13.7^2 \times 0,5}{4\pi} = 3,9 \text{ dynes.}$$

Le rôle de l'aimantation permanente, donnée au noyau de l'électro-aimant, va être 1°) de multiplier cette force, 2°) de lui donner même période que le courant d'excitation :

En effet, l'induction totale sera dans ce cas $(B_o + B_m)$, B représentant l'induction permanente et B_m l'induction induite. Alors, F deviendra :

$$F_M = \frac{S}{4\pi}(B_o + B_m)^2.$$

Soit, comme B_m est petit devant B_o.

$$F_M = \frac{S}{4\pi} B_o^2 + \frac{S}{2\pi} B_o B_m.$$

La partie variable de F sera ainsi :

$$F_M = \frac{S}{2\pi} B_o B_m$$

dont la période est celle de B_m.

L'écart entre les valeurs extrêmes de F est dans le cas considéré, de l'ordre de :

$$2\frac{S}{2\pi} B_o B_M = \frac{0,25}{\pi} 1320.13.7 = 1440 \text{ dynes environ.}$$

Cet écart est environ 400 fois plus grand qu'il ne l'eût été s'il n'y avait pas eu aimantation permanente du noyau.

Système mécanique. — La partie mécanique active du récepteur téléphonique est le diaphragme.

Le diaphragme est constitué par une plaque circulaire de métal magnétique dont le diamètre est d'environ 5 cm. et dont l'épaisseur est de l'ordre de quelques dixièmes de millimètres (0.03 cm. par exemple). Ce diaphragme est monté sur le boîtier de telle sorte que son bord soit encastré sur quelques millimètres.

Le diaphragme est susceptible de vibrer.

La théorie mathématique des plaques vibrantes permet de prévoir trois modes de vibration possibles, pour une plaque flexible circulaire encastrée qui n'est soumise à aucune action extérieure. L'expérience permet de contrôler les résultats de la théorie.

Dans un premier mode, il y a un mouvement d'ensemble de toute la plaque. A chaque instant, la forme de la plaque est de révolution. Le maximum d'amplitude a lieu au centre. Le déplacement de chaque point se fait parallèlement à une normale au plan de repos du diaphragme. Le déplacement de tous les points est, à un instant donné, de même signe. Il en est de même pour la vitesse.

Le mouvement vibratoire est un mouvement périodique, dont la période est fonction des dimensions des constantes élastiques du diaphragme.

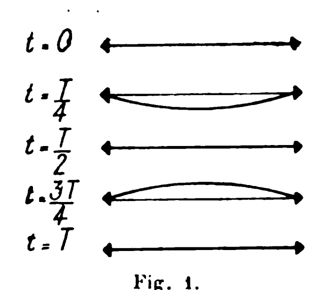


Fig. 1.

1er Mode de vibration. — Section méridienne de la plaque, au cours d'une période.

Ce premier mode de vibration est celui que l'on rencontre lorsqu'on fait vibrer un diaphragme téléphonique libre (c'est-à-dire soustrait aux forces extérieures).

Dans le 2e mode, la forme de la plaque est encore de révolu-

tion à chaque instant, mais la plaque présente des cercles nodaux. En théorie, le nombre de ces cercles nodaux peut varier de 1 à l'infini. A chaque nombre de cercles nodaux correspond une période, qui est celle du mouvement vibratoire dans ce cas. Il

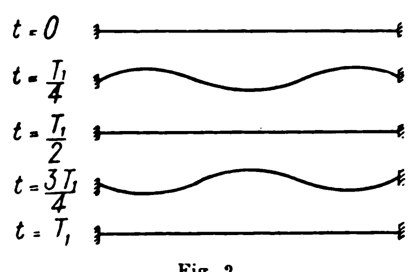


Fig. 2.
2° Mode de vibration. — 1 nodale.

peut être intéressant de se rappeler que ces périodes ne sont pas entre elles, comme le sont celles qui correspondent aux vibrations des cordes.

Ce deuxième mode de vibration des plaques (dont le premier n'est d'ailleurs qu'un cas particulier) ne peut pas être observé pratiquement sur un diaphragme téléphonique. On l'a réalisé sur des plaques de verre mince.

Le troisième mode de vibration a été également observé sur des plaques de verre mince. Il est caractérisé par l'existence de nodales diamétrales, équidistantes, dont le nombre peut théoriquement varier de 0 à l'infini.

Si à un instant donné, on se déplace le long d'une circonférence concentrique au pourtour de la plaque, on rencontre successivement une série de zones, dont les cotes sont alternativement inférieures, puis supérieures à celles du plan moyen. Au bout d'un temps donné, la demi-période de mouvement, tous les signes de ces cotes sont changés, les déplacements ayant encore la même valeur absolue.

Cette fois-ci encore, la période de vibration est uniforme pour toute la surface de la plaque. Elle dépend du nombre de nodales diamétrales.

Dans le cas général, la vibration obtenue sera une vibration

complexe, résultant de la composition de plusieurs vibrations appartenant aux modes que l'on vient de décrire.

Nous le rappelons, ces trois modes de vibration des plaques, avec leurs périodes propres, sont caractéristiques du diaphragme encastré, vibrant sous la seule action des forces élastiques qui se développent en lui.

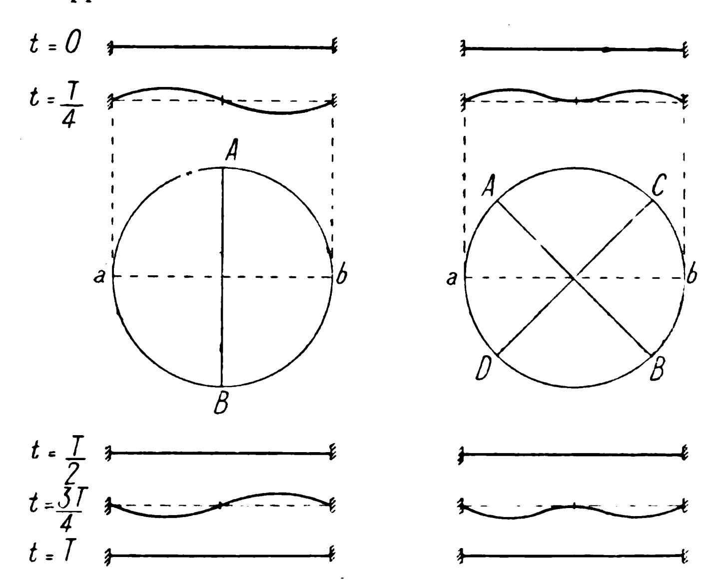


Fig. 3. — Section du diaphragme suivant a b. A B est la nodale.

Fig. 4. — Section du diaphragme suivant a b. A B et C D sont les nodales.

Si maintenant, on soumet un diaphragme, à l'action d'une force attractive périodique, d'amplitude constante, le diaphragme va vibrer encore, mais cette fois avec la période qui lui est imposée. Cependant, la théorie et l'expérimentation montrent que, dans l'ensemble, les modes possibles de vibrations forcées se rapprochent de ceux des vibrations naturelles. En particulier, il sera possible de reproduire ces dernières, comme cas particulier des précédentes.

Les vibrations forcées s'obtiennent en excitant les plaques avec un tuyau d'orgue ou avec un électro-aimant parcouru par un courant périodique.

L'expérience montre que la vibration d'un diaphragme de télé-

phone, sous l'action des courants téléphoniques, appartient au premier mode : déplacement d'ensemble de la plaque, avec maximum d'amplitude aux environs du centre ; inexistence de nodales.

CHAPITRE II

Les constantes électriques apparentes d'un récepteur téléphonique. — Le cercle cinétique.

Constantes apparentes d'un circuit électrique. — Étant donné un circuit électrique, si en appliquant aux bornes de ce circuit, une force électromotrice sinusoïdale E, on obtient un courant sinusoïdal de même pulsation, il est permis d'écrire en notation vectorielle :

$$I = \frac{E}{Z}. \tag{1}$$

La quantité vectorielle Z ainsi définie, s'appelle l'impédance apparente du circuit, *dans les conditions considérées* ; sa partie réelle R s'appelle résistance apparente, et sa partie complexe X, réactance apparente du circuit, *dans les conditions considérees.*

Il convient de remarquer que les méthodes usuelles de mesure, le pont de Wheatstone en particulier, sont basées sur l'application de la formule (1). On pourrait donc définir les constantes apparentes, comme celles qui sont déterminées par une mesure au pont de Wheatstone.

Nous appelons ces quantités, constantes apparentes, car dans la théorie interviennent d'autres grandeurs, de même nature, qui, elles, sont indépendantes des conditions considérées : ce sont la résistance ohmique, et la réactance propre.

Cas du récepteur téléphonique dont le diaphragme est immobilisé. — Lorsqu'on place un récepteur téléphonique sur le bras d'un pont de Wheatstone, alimenté en courant alternatif à faible intensité (quelques milliampères), au moyen d'un oscillateur et lorsqu'on détermine pour un certain nombre de fréquences (de l'ordre des fréquences téléphoniques), les résistances et réactances de l'instrument, dont le diaphragme est immobilisé par un

quelconque procédé mécanique, on constate les résultats suivants :

1) La résistance et la réactance apparentes sont fonction de la fréquence du courant d'alimentation.

2) Dans les limites de la gamme des fréquences téléphoniques, la variation de ces constantes, en fonction de la fréquence, est sensiblement linéaire.

Ainsi donc, si on construit la courbe $z = \text{R app.}$
$y = \text{X app.}$

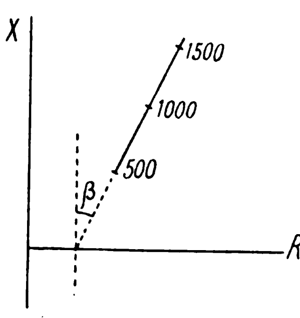


Fig. 5.

on obtient une droite graduée en fréquences suivant une échelle métrique.

Cette droite est légèrement inclinée sur l'axe des y, d'un angle, que nous désignerons par β.

Il nous sera commode, par la suite, d'utiliser l'expression mathématique de la proposition précédente, que nous considérerons comme une *loi expérimentale* de première approximation.

Lorsque le diaphragme est immobilisé (2)

$$\left\{\begin{array}{l} R\omega = a + b \sin \beta . \omega . \\ X\omega = b \cos \beta . \omega . \\ Z\omega = a + b \sin \beta . \omega + j . b \cos \beta . \omega . \end{array}\right.$$

Les formules précédentes admettent une interprétation physique simple. Elles signifient que, à l'intérieur des pièces polaires de l'électro-aimant, l'induction est une fonction périodique de valeur proportionnelle à l'intensité maxima du courant d'excitation, et en retard sur ce courant d'un angle β.

Posons en effet :

$$B = m I e^{-j\beta}$$

L'équation reliant E et I est de la forme :

$$E = R_o I + K \frac{dB}{dt}$$

soit, en notation vectorielle :

$$E = [R_o + K\, m\, j\, \omega\, (\cos\beta - j \sin\beta)]\ I = Z_\omega\, I.$$

En posant :

$$a = R_o$$
$$b = K_m$$

on retrouve bien pour Z_ω l'expression :

$$Z_m = a + b \sin\beta.\ \omega + j.\ b \cos\beta\ \omega$$

Cas du récepteur téléphonique, dont le diaphragme est libéré. — La mesure de la résistance apparente et de la réactance apparente (aux différentes fréquences téléphoniques) d'un récepteur téléphonique, dont le diaphragme vibre normalement sous l'effet du courant d'excitation, donne les résultats suivants :

1) Aux fréquences relativement basses, et aux fréquences relativement élevées, l'impédance apparente de l'instrument est la même que celle qui a été relevée dans le cas précédemment examiné (diaphragme immobilisé).

2) Dans l'intervalle, les impédances apparentes du récepteur à diaphragme vibrant, s'écartent plus ou moins notablement de celles que l'on relève dans le cas précédemment examiné.

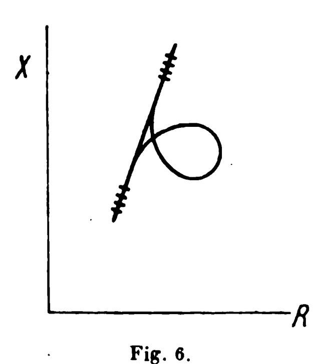


Fig. 6.

La courbe ayant pour coordonnées, la résistance et la réac-

tance présente la forme d'une boucle, se plaçant entre la droite d'impédance au repos et l'axe des résistances, et se raccordant à cette droite, vers ses extrémités. Elle présente parfois une forme plus capricieuse.

Cercle cinétique. — Toutes les fois que la courbe représentative des impédances se présente sous la forme d'une boucle, bien régulière, on constate la chose suivante :

En reportant sur un même diagramme les impédances du récepteur à diaphragme immobilisé, ou à diaphragme vibrant, on obtient, en joignant les points caractéristiques de chaque fréquence, un ensemble de vecteurs. Si d'un point fixe, on mène des vecteurs équipollents à ces vecteurs, on obtient comme lieu de leurs extrémités, un cercle.

Nous appellerons ce cercle, le cercle cinétique (Motional circle).

L'existence de ce cercle est facile à interpréter.

Alors que les seules forces électromotrices existant dans le cas du récepteur à diaphragme immobilisé, sont la différence de potentiel alternative appliquée aux bornes du récepteur et la force électromotrice de self-induction (ce qui s'exprime en écrivant $E = ZI$), il s'ajoute à ces forces électromotrices, lorsque le diaphragme vibre, une force contre-électromotrice E' ; en effet, pour entretenir son mouvement, le diaphragme vibrant emprunte une certaine quantité d'énergie à la source qui alimente l'enroulement de l'électro-aimant (1).

Si donc nous appliquons dans les conditions nouvelles, la loi d'Ohm généralisée, nous devons écrire :

$$E - E' = \left(Z\right) I \text{ ou } E = (Z + Z') I.$$

(1) La création de cette force contre-électromotrice justifie le titre que M. Kennelly donne à ses conférences : « Le récepteur téléphonique considéré comme un moteur. »

En appliquant le principe de la réversibilité, on déduit que le récepteur téléphonique peut être également considéré comme un générateur : ce qui suivra nous donnera donc, à quelques petites modifications près, la théorie du récepteur téléphonique utilisé comme transmetteur.

$\frac{E'}{I} = Z'$ étant l'accroissement d'impédance apparente du récepteur vibrant.

Nous constatons en premier lieu la proportionnalité à l'intensité du courant de la force contre-électromotrice E'.

Dès lors, le cercle cinétique n'est autre chose que la représentation de la variation de E' avec la fréquence de la vibration du diaphragme, celle-ci étant égale à celle du courant d'alimentation de l'appareil.

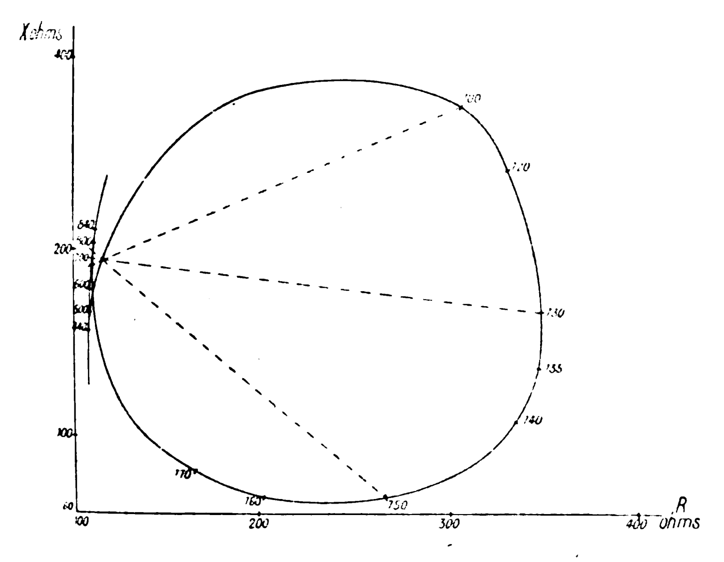


Fig. 7.
Impédances apparentes d'un récepteur bipolaire « Le Matériel téléphonique » aux différentes fréquences. — Mesures relevées par le Service d'Études et de Recherches Techniques des P.T.T.

Nous pouvons donc, dès maintenant, concevoir que l'étude du cercle cinétique se rattachera à l'étude des phénomènes mécaniques dont l'appareil est le siège, quand il est en action.

Nous limitant en ce chapitre à l'exposé des faits expérimentaux, nous retiendrons que la définition complète du cercle comporte trois ensembles de données.

1) La longueur du diamètre que nous appellerons Z'_0 en la mesurant à l'échelle des abcisses. Suivant les types d'appareils et les appareils eux-mêmes, elle varie dans les plus larges proportions de 1 ohm à 1000 ohms, par exemple.

Dans les limites où sont valables semblables raisonnements, on peut démontrer que des appareils de même construction,

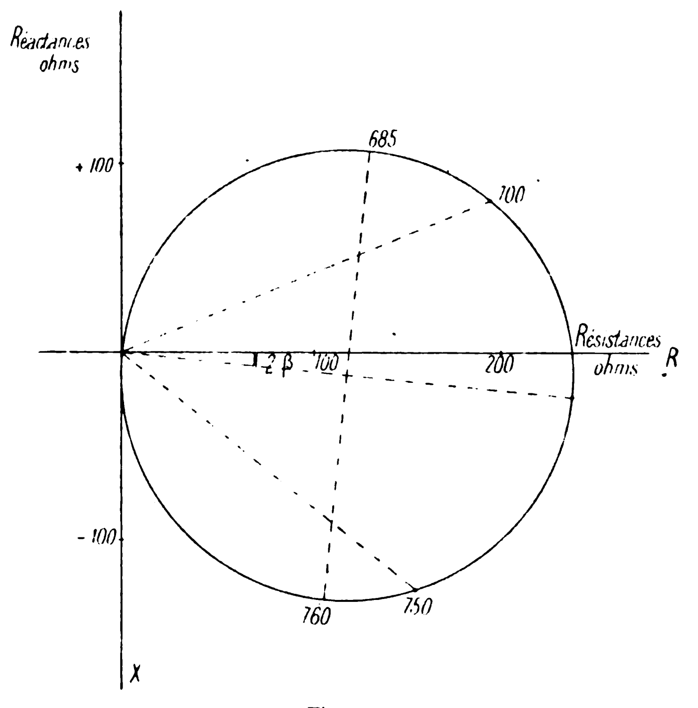


Fig. 8.
Cercle cinétique (Motional Circle) d'un récepteur bipolaire « Le Matériel Téléphonique ».

ayant même diaphragme, même aimant permanent et ne différant entre eux que par l'enroulement de l'électro-aimant, sont caractérisés par un même rapport $\frac{Z'_0}{R_c}$ (R_c étant la résistance ohmique de l'enroulement), lorsque les poids du cuivre de leurs enroulements sont les mêmes (1).

(1) Si n_1 et n_2 sont le nombre de spires des enroulements de ces appareils, on constate facilement que :

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{L_2}{L_1} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{n_2^2}{n_1^2}.$$

Si B est l'induction magnétique entre pièces polaires et diaphragme,

$$\frac{B_2}{B_1} = \frac{n_2 \; I_2}{n_1 \; I_1} = \frac{n_1}{n_2}.$$

2) L'angle de dépression du diamètre du cercle cinétique au-dessous de l'axe des résistances.

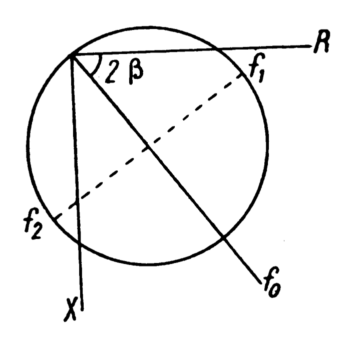


Fig. 9.

Appelons cet angle 2 β, il est fonction des constantes magnétiques du métal qui constitue les pièces polaires de l'électro-aimant. Il serait nul pour un appareil dont l'électro-aimant n'aurait pas de noyau métallique. On rencontre des angles β de valeur variant de 0° à un peu plus de 45°.

3) La répartition des fréquences sur le cercle.

Nous verrons plus loin que cette répartition des fréquences est en relation avec les caractéristiques mécaniques de l'appareil.

La fréquence diamétrale est dite fréquence de résonance (elle correspond en effet à un maximum de la force contre-électromotrice). Nous le désignerons par f_0.

Les fréquences correspondant aux extrémités du diamètre du cercle perpendiculaire au diamètre principal, seront désignées par f_1 et f_2, et appelées fréquences quadrantales.

La demi-différence $\frac{f_2 - f_1}{2}$, (ou mieux, la demi-différence des

---

Or, si E' est la force contre-électromotrice due au diaphragme vibrant :

$$\frac{E'_2}{E'_1} = \frac{n_2}{n_1} \frac{\frac{dB_2}{dt}}{\frac{dB_1}{dt}} = 1.$$

Ainsi : $\frac{Z'_{02}}{Z'_{01}} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2^2}{n_1^2}$; $\left(\frac{Z'_0}{R_c}\right)_1 = \left(\frac{Z'_0}{R_c}\right)_2$.

pulsations correspondantes, $\left(\frac{\omega_2 - \omega_1}{2}\right)$, caractérisera la répartition des fréquences sur le cercle cinétique. Nous poserons :

$$\Delta = \frac{\omega_2 - \omega_1}{2}.$$

De nombreuses mesures faites sur les appareils les plus divers il résulte que chaque appareil a son cercle cinétique propre. Plus exactement, on n'est jamais parvenu à relever sur différents appareils, les mêmes ensembles de données $\left(Z_0, \frac{Z_0}{R_c}, f_0, \Delta\right)$. En fait, avec un même appareil, on obtient même des valeurs différentes, suivant les conditions dans lesquelles se font les mesures (température, pression barométrique, position du récepteur, etc.).

CHAPITRE III

Le mouvement du diaphragme.

En première analyse, le mouvement du diaphragme d un récepteur téléphonique, alimenté par un courant alternatif, peut être assimilé à celui d'un système doué d'inertie et d'élasticité, soumis à l'action d'une force alternative, et auquel s'applique une résistance proportionnelle à la vitesse.

Nous allons donc étudier en premier lieu, dans toute sa généralité, un semblable mouvement. Nous chercherons à préciser par la suite ce que sont, dans le cas particulier du récepteur téléphonique, les paramètres du mouvement.

Equation du mouvement du système mécanique. Discussion.

Considérons donc un système ayant :

un coefficient d'inertie, m, exprimé en grammes (1),

un coefficient d'élasticité, s, exprimé en dynes par centimètre,

---

(1) Ce qui suit s'appliquerait encore au cas où le coefficient m serait de la nature d'un moment d'inertie, etc...

x représenterait un écart angulaire et F un couple. Il y aurait alors lieu d'exprimer tous ces paramètres, ou ces variables, au moyen d'unités appropriées.

un coefficient de résistance, r_r exprimé en dynes-secondes par centimètre.

Sur ce système agit une force vibromotrice F dynes, force alternative caractérisée par sa pulsation ω.

Le déplacement du système autour de sa position d'équilibre est repéré par une certaine variable x, exprimée en centimètres.

La vitesse sera alors définie par $x' = \frac{dx}{dt}$.

L'équation ainsi définie est :

$$(1) \qquad mx'' + rx' + sx = F.$$

Elle ne diffère pas de celle qui relie à la force électromotrice appliquée à un circuit possédant une résistance r, une self-induction L, une capacité c, la quantité q d'électricité mise en jeu sur ce circuit.

Dans ce cas, on a en effet :

$$(1) \qquad Lq'' + rq' + \frac{l}{c}q = E.$$

L'étude des deux problèmes est la même : un des deux systèmes est la représentation fidèle de l'autre, et, pour qui connaît les lois des courants alternatifs, il ne sera point utile d'intégrer l'équation (1), pour décrire les lois du mouvement du système mécanique : il suffira de transposer les formules, conformément au tableau de correspondance suivant :

E volts	correspondent à	F dynes	(abvolts mécaniques)
L henry	»	m grammes	(abhenrys »)
$s = \frac{l}{c}$ 1 farad	»	s dyne/cm.	(abdarafs »)
r ohm	»	r dyne-sec/cm.	(abohms »)
q coulomb	»	x cm.	
$i = \frac{dq}{dt}$ ampères	»	x' cm./sec.	(abampères »)

(Il pourra être commode de désigner les quantités mécaniques par le nom de la quantité électrique correspondante ; de même pour les unités. Ce sont celles-ci qui figurent sur la troisième colonne du tableau) (1).

(1) A ce sujet, rappelons que, à la suite de M. Kennelly, maints auteurs

Mouvement naturel. — Lorsque le système écarté de sa position d'équilibre est abandonné à l'action des seules forces d'inertie, d'élasticité et de résistance, il prend un mouvement que l'on appelle son mouvement naturel.

Trois modes de mouvement sont possibles suivant la valeur de la résistance (force extérieure), vis-à-vis des forces intérieures d'élasticité et d'inertie.

1) Si la résistance est nulle, le mouvement naturel est un mouvement périodique de pulsation $\omega_0 = \sqrt{\frac{s}{m}}$.

ω_0 est une caractéristique du système vibrant et s'appelle pulsation de résonance.

2) Si la résistance est petite de telle sorte que :

$$\left(\frac{r}{2m}\right)^2 < \frac{s}{m}.$$

le mouvement est dit périodique amorti.

$\left(\frac{r}{2m}\right)$, caractérise la résistance opposée au système. Nous désignerons ce rapport par Δ. Nous remarquerons qu'il est de la nature d'une pulsation, c'est-à-dire de l'inverse d'un temps.

L'équation du mouvement périodique amorti est :

$$x' = X' e^{-\Delta t} \cos \left(t \sqrt{\omega_0^2 - \Delta^2} - \varphi\right)$$

Δ est donc le décrément logarithmique des vitesses.

$\frac{1}{\Delta}$ s'appelle aussi constante de temps du système.

Nous serons amenés à considérer plus loin sous le nom de Bluntness et à désigner par B_0, le rapport :

$$B_0 = \frac{\Delta}{\omega_0} = \frac{\frac{r}{2\,m}}{\sqrt{\frac{s}{m}}} = \frac{r}{2\sqrt{s\,m}}.$$

ont adopté, pour désigner les unités électriques C G S, les dénominations définies comme suit :

Le nom de l'unité électrique, dans le système pratique, précédé du préfixe ab, représente l'unité C G S électromagnétique correspondante ;

Exemple : volt abvolt.

Le nom de l'unité électrique dans le système pratique, précédé du préfixe stat représente l'unité C G S électrostatique correspondante.

Exemple : volt statvolt.

Son inverse sera appelé l'acuité et désigné par Λ_0.

$$B_0 = \frac{1}{\Lambda_0}.$$

Les conditions pour qu'il y ait mouvement périodique amorti sont : $B_0 < 1 \qquad \Lambda_0 > 1$

Remarquons encore que pour r suffisamment petit, la pseudo-pulsation ω du mouvement diffère peu de la pulsation de résonance ω_0.

3) Si la résistance devient telle que :

$$\left(\frac{r}{2\,m}\right)^2 = \frac{s}{m}$$

soit, en conservant les définitions et notations précédentes :

$$\Delta = \omega_0$$
$$B_0 = 1 \qquad \Lambda_0 = 1$$

on dit que le mouvement est apériodique critique.

$$x' = X' e^{-\Delta t}\, t.$$

4) On dit enfin que le mouvement est ultrapériodique lorsque

$$\left(\frac{r}{2\,m}\right)^2 > \frac{s}{m}.$$
$$\Delta > \omega_0$$
$$B_0 > 1 \qquad \Lambda_0 < 1$$

L'équation du mouvement est alors :

$$x' = X' e^{-\Delta t}\, sh\, t \sqrt{\Delta^2 - \omega_0^2}.$$

(x' tend vers 0, en gardant un signe constant).

Vibrations forcées. — On sait que lorsque le système est soumis à l'action d'une force périodique, il acquiert au bout d'un certain temps un mouvement périodique de la période de la force agissante.

Lorsque le régime périodique est établi, on a la relation vectorielle :

$$x' = \frac{F}{r + j\left(m\,\omega - \frac{s}{\omega}\right)} = \frac{F}{Z}$$

Nous appellerons Z l'impédance mécanique du système. Z s'exprime en abohms vectoriels mécaniques (soit dans le cas particulier envisagé, en dyne-seconde par centimètre).

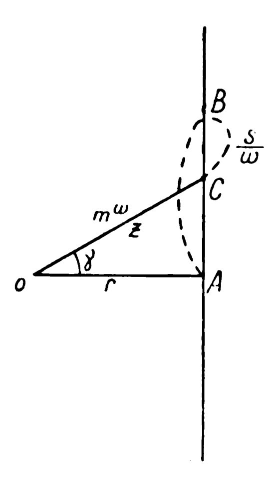


Fig. 10.

$$\text{Si : } OA = r,\ AB = m\,\omega,\ BC = \frac{S}{\omega},\ Z = OC.$$

Il est facile d'étudier graphiquement la variation de Z, en fonction de ω.

Le module de Z est O C.

Son argument est l'angle A O C que désignerons par γ. Il représente le retard de x' sur F.

On constate que le lieu des extrémités des vecteurs représentatifs de Z est une droite, parallèle à l'axe imaginaire, et dont la distance à l'origine est r.

Chaque point de cette droite correspond à une fréquence donnée ω, il en résulte corrélativement que chaque fréquence est caractérisée par une valeur particulière de l'argument de l'impédance mécanique du système.

En particulier, γ est nul lorsque $m\,\omega = \frac{s}{\omega}$

$$\omega^2 = \frac{s}{m} = \omega_0^2$$

c'est-à-dire lorsque la fréquence de la force est égale à la fréquence de résonance du système :

$$\gamma > 0 \quad \text{lorsque} \quad \omega > \omega_0 \quad \left(m\,\omega > \frac{S}{\omega}\right),$$

$$\gamma < 0 \qquad \omega < \omega_0 \quad \left(m\,\omega < \frac{S}{\omega}\right).$$

De la connaissance de Z, on passe facilement à l'étude de $\left(\frac{x'}{F}\right)$.

Interprétons géométriquement la formule :

$$x' = \frac{F}{Z}$$

que nous écrirons :

$$\left(\frac{x'}{F}\right) Z = 1,$$

$$\text{mod.} \left(\frac{x'}{F}\right) \text{X mod Z} = 1,$$

$$\text{arg.} \left(\frac{x'}{F}\right) + \gamma = 0.$$

Les deux équations montrent que, si d'une origine O, on mène les vecteurs représentant les quantités vectorielles $\frac{x'}{F}$ pour

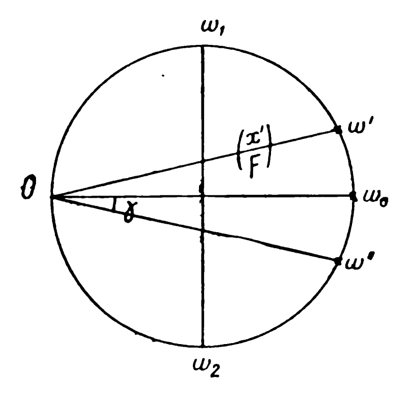


Fig. 11.

les différentes fréquences, le lieu de l'extrémité de ces vecteurs sera le symétrique par rapport à l'axe réel de la figure inverse

de la droite représentative de la variation de Z en fonction de ω. Ce sera un cercle de diamètre $\frac{1}{r}$, ayant son centre sur l'axe réel.

La répartition des fréquences sur ce cercle nous montrera comment $\frac{x'}{F}$ varie en fonction de ω.

De ce qui précède, en tenant compte des propriétés des figures inverses, on déduit immédiatement que :

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{m\,\omega - \frac{S}{\omega}}{r}.$$

En particulier, deux points du cercle symétriques par rapport à l'axe réel correspondent à des fréquences ω' et ω'' telles que :

$$m\,\omega' - \frac{S}{\omega'} = \frac{S}{\omega''} - m\,\omega',$$

$$\omega'\,\omega'' = \frac{S}{m} = \omega_0^2.$$

Soient ω_1 et ω_2 les pulsations quadrantales. Pour ces pulsations, $\operatorname{tg} \gamma = \pm 1$.

$$\begin{cases} m\,\omega - \dfrac{S}{\omega} = r, \\ \dfrac{S}{\omega} - m\,\omega = r. \end{cases}$$

$$\frac{\omega_2 - \omega_1}{2} = \frac{r}{m - \dfrac{S}{\omega_1\,\omega_2}} = \frac{r}{2\,m} = \Delta.$$

Nous pouvons encore écrire :

$$\begin{cases} \dfrac{\omega_2}{\omega_0} - 1 = B_0, \\ 1 - \dfrac{\omega_1}{\omega_0} = B_0, \end{cases}$$

et, si x'_1 et x'_2 sont les x' correspondant aux fréquences quadrantales, x'_0 étant celui de la résonance :

$$x'_1 = x'_2 = x'_0 \frac{\sqrt{2}}{2}.$$

Il est intéressant de remarquer que la connaissance de ω_0 et de ω_1 et ω_2; ou bien encore de ω_0 et Δ ; ou bien encore de ω_0 et B_0, définit complètement la graduation du cercle en pulsations.

On peut en effet passer aisément de la formule :

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{m\,\omega - \frac{S}{\omega}}{r}.$$

à la formule :

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{\omega}{2\,\Delta}\left[1 - \frac{\omega^2_0}{\omega^2}\right] = \frac{1}{2}\frac{\omega}{\omega_0}\,\Lambda^0\left[1 - \frac{\omega^2_0}{\omega^2}\right] = \frac{1}{2}\,\Lambda^0\left[\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right]$$

ou toute autre analogue dans laquelle ne figurent point $m\,r$ ou s.

On désigne habituellement sous le nom de courbes de résonance, les courbes représentant en coordonnées cartésiennes la variation de x'_m en fonction de ω. Leur construction est facile, en tenant compte de ce qui précède, et nous pouvons à leur sujet faire quelques remarques intéressantes.

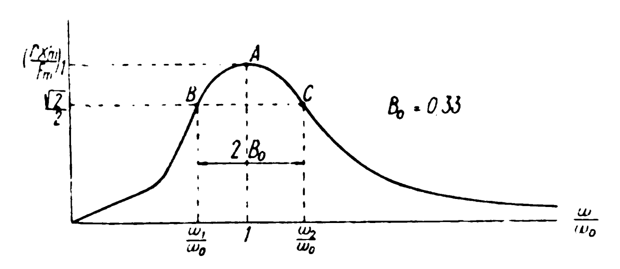


Fig. 12.

Leur équation est :

$$\begin{cases} \dfrac{x'\,m}{F_m} = \dfrac{1}{r} \cdot \quad \omega_0\,\gamma, \\[2ex] \operatorname{tg}\,\gamma = \dfrac{1}{2}\,\Lambda_0\left[\dfrac{\omega}{\omega_0} - \dfrac{\omega_0}{\omega}\right]. \end{cases}$$

Ainsi on peut représenter une fois pour toutes, toutes les courbes de résonance de tous les systèmes possibles en adoptant

comme variables les quantités purement numériques $\frac{\omega}{\omega_0}$ et $\frac{r\,x'}{F}$. Chacune de ces courbes sera alors définie au moyen d'un seul paramètre $A_0 = \frac{1}{B_0}$, que l'on a appelé acuité de résonance. Le paramètre B_0 peut être lu sur la figure.

On se souvient que :

$$B_0 = \frac{\Delta}{\omega_0} = \frac{1}{2}\left(\frac{\omega_2}{\omega_0} - \frac{\omega_1}{\omega_0}\right),$$

et que, pour $\omega = \omega_1$ et $\omega = \omega_2$,

$$\frac{r\,x'}{F} = \frac{\sqrt{2}}{2}.$$

Ainsi, 2 B_0 est représenté par la corde horizontale B C de la courbe de résonance dont l'ordonnée est $\frac{\sqrt{2}}{2} = 0,707$.

De là le nom de bluntness donné à cette quantité qui marque la lenteur avec laquelle s'étale la courbe de résonance, au voisinage du point de résonance (1).

Les paramètres du mouvement du diaphragme téléphonique. — A-t-on le droit d'assimiler le mouvement de vibration du diaphragme téléphonique à celui d'un système possédant des coefficients d'inertie d'élasticité et éprouvant une résistance proportionnelle à la vitesse ? Et, dans le cas de l'affirmative, comment siérait-il de choisir ces coefficients ?

Il peut sembler que la théorie mathématique des plaques

(1) On peut également remarquer que la courbe de résonance admet l'axe des abscisses comme asymptote.

Si on porte en abscisses, non plus $\frac{\omega}{\omega_0}$, mais Log $\frac{\omega}{\omega_0}$, la courbe obtenue admettra l'axe des ordonnées (correspondant alors à la résonance), comme axe de symétrie.

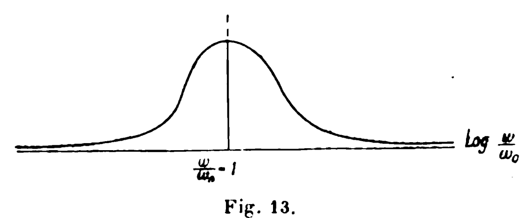


Fig. 13.

vibrantes doive apporter une réponse à la première question. En fait, cette théorie donne une relation existante entre les déformations et les forces appliquées en chaque point du diaphragme, mais comme l'on est dans l'ignorance à peu près complète des conditions dans lesquelles ces forces sont réparties, on est en somme peu avancé. D'ailleurs les équations de la théorie sont assez pénibles à utiliser. Nous concluerons donc que l'assimilation des vibrations du diaphragme à celles d'un système oscillant simple ne saurait constituer qu'une approximation valable dans des limites qui ne seront connues qu'a posteriori, lors de la comparaison des résultats expérimentaux avec ceux de la théorie très simplifiée que nous donnons actuellement. Nous aurons l'occasion d'indiquer plus loin, quelques écarts très importants, relevés dans certains cas et qui, peut-être, doivent être attribués à l'insuffisance de l'approximation faite ici.

Les coefficients entrant dans l'expression de l'impédance mécanique ne sauraient donc être parfaitement déterminés.

Le coefficient d'inertie sera choisi en tenant compte des considérations suivantes :

Nous choisirons, pour définir le mouvement du diaphragme, le déplacement du centre du diaphragme autour de sa position d'équilibre, lorsqu'il est sous l'action de la seule force d'attraction exercée par l'électro-aimant non excité.

Nous adopterons pour coefficient d'inertie, m, un coefficient tel que l'énergie de vibration de la plaque ait pour expression :

$$W = \frac{1}{2} m x'^2.$$

Il y a lieu de remarquer que ce coefficient est différent de la masse M de la plaque.

En effet, soit ρ la masse superficielle de la plaque.

Pour un élément de surface ds, ayant un mouvement vibratoire d'amplitude x_r, et une vitesse maxima x'_r.

$$dW = \frac{1}{2} \rho ds. x'^2_r.$$

Admettons, pour fixer les idées, que, dans son mouvement, la

plaque demeure de révolution par rapport à la normale au centre :

$$W = \int_0^d \frac{1}{2} \rho \; 2 \pi r \; dr \; x'^2_r = \pi \rho \int_0^a x'^2_r \, r \, dr = \frac{1}{2} m x'^2,$$

expression qui serait calculable si on connaissait la forme de la plaque pendant son mouvement.

Si on divise la plaque en cercles concentriques, on obtient donc pour chacun d'eux une valeur de x'_r inférieure à x'.

Ainsi : $m = \varepsilon M$,

ε étant un coefficient plus petit que 1.

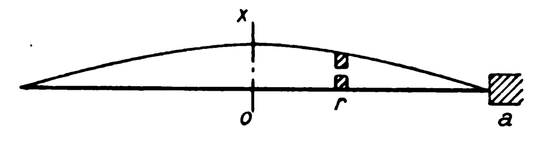


Fig. 14.

Il a été possible de déterminer expérimentalement la forme de diaphragme vibrants et ainsi de calculer ε. On a trouvé des valeurs voisines de :

$$\varepsilon = 0,18.$$

D'ailleurs le coefficient M n'est pas une constante propre de la plaque, mais dépend de tout l'ensemble de l'appareil auquel elle appartient et des conditions dans lesquelles elle est encastrée. Il varie un peu avec la fréquence.

Dans le terme r, on englobe les résistances opposées aux vibrations du diaphragme :

1° par l'effet du développement des courants de Foucault, tant dans la plaque du diaphragme que dans le noyau des électro-aimants. A vrai dire la résistance occasionnée par ces courants n'est pas indépendante de la fréquence, et de ce fait, r n'est pas rigoureusement constant ;

2° par l'air environnant. On conçoit aisément que cette résistance varie avec la température et autres conditions atmosphériques. Elle dépend aussi beaucoup de la forme et des dimensions des volumes dans lesquels se déplace l'air mis en vibration. Nous aurons l'occasion de revenir sur ce sujet.

Le coefficient S dépend principalement de la nature du métal dont est fait le diaphragme et de ses dimensions. C'est le rapport de la force statique, exercée pour déprimer le centre du diaphragme, au déplacement produit. Il peut être déterminé directement. Cependant, il se trouve altéré lors du mouvement car la forme que prend la plaque en vibrant n'est pas exactement semblable à celle qu'elle prend sous l'action d'une force statique.

CHAPITRE IV

Relations entre les caractéristiques mécaniques et électriques du récepteur téléphonique.

Dans le chapitre II, nous avons fait une étude purement expérimentale, des caractéristiques électriques du récepteur téléphonique en vibration. Nous avons relevé l'existence d'une force contre-électromotrice E', due au mouvement du diaphragme, et vu comment cette grandeur variait en fonction de la fréquence.

Dans le chapitre III, nous avons défini les paramètres mécaniques du diaphragme du récepteur téléphonique et fait l'étude théorique de son mouvement.

Nous allons maintenant pouvoir indiquer quelles relations lient ces différentes grandeurs mécaniques et électriques.

Soit A le coefficient vectoriel, tel que la force vibromotrice F ait pour expression en fonction du courant d'excitation des électros du récepteur :

$$F = A\,I.$$

On peut établir que la force contre-électromotrice E' est reliée à la vitesse x', par la relation vectorielle :

$$E' = A\,x'.$$

Or, d'autre part, nous avons défini la grandeur vectorielle Z telle que :

$$E' = Z'\,I.$$

Nous avons en outre posé :

$$\frac{x'}{F} = \frac{1}{Z} \quad Z = \text{impédance mécanique.}$$

En éliminant I en ces différentes relations, on obtient, en définitive, la relation vectorielle :

$$Z' = \frac{A^2}{Z}$$

Si donc β est l'argument de A, nous voyons que :

Le cercle cinétique s'obtient en multipliant par $|A^2|$, les dimensions du cercle d'admittance mécanique, dont le diamètre principal a subi une rotation de 2β, au-dessous de l'axe réel.

La corde du cercle cinétique, correspondant à une pulsation ω, est donc proportionnelle à $\left|\frac{x'}{F}\right|$ et représente donc la sensibilité de l'appareil, pour un courant d'excitation donné à la fréquence $f = \frac{\omega}{2\pi}$.

Sur le cercle cinétique, on lit immédiatement :

ω_0, pulsation de résonance, correspondant au diamètre principal ;

Δ, décrément logarithmique des vitesses en régime libre. C'est la demi-différence des pulsations quadrantales.

$$\Delta = \frac{\omega_2 - \omega_1}{2}$$

On en déduit immédiatement le bluntness et l'acuité.

$$B_0 = \frac{1}{A_0} = \frac{\Delta}{\omega_0}$$

Ainsi, par des mesures électriques, on peut avoir des renseignements importants sur les qualités acoustiques du téléphone ; le relevé du cercle cinétique est une mesure de l'effet de distorsion.

On peut se proposer de rechercher les constantes mécaniques m, r et s de l'appareil.

On dispose des deux relations :

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{s}{m}}$$

$$\Delta = \frac{r}{2m}$$

Or, il est facile de mesurer par une méthode optique au moyen d'un appareil approprié l'élongation du centre du diaphragme pour une pulsation donnée ω.

Soit donc x_m cette valeur.

L'amplitude maxima de x' est alors :

$$x'_m = \omega x.$$

En particulier pour la pulsation de résonance :

$$x'_{mo} = \omega_o x_{mo}$$

Si en même temps, on mesure la valeur de l'intensité maxima I_m du courant alimentant le récepteur, on peut écrire :

$$|Z'_o| = \frac{|E'_m|}{|I_m|} = \frac{|A|x'_{mo}}{|I_m|} = \frac{A \omega_o x_m}{|I|}$$

d'où on tire d'abord la relation entre valeurs arithmétiques.

$$|A| = \frac{|Z'_o||I_m|}{\omega_o |x_{mo}|} .$$

Z_o étant la longueur du diamètre du cercle cinétique.

Connaissant A, on peut alors calculer :

$$r = \frac{|A|}{|Z'_o|}$$

$$m = \frac{r}{2 \Delta}$$

$$s = m \omega_o^2$$

Application des formules précédentes. — L'appareil dont nous avons reproduit le cercle cinétique a pour amplitude de vibration, à la résonance :

56 microns pour 4 milliampères.

D'autre part, on lit sur le cercle cinétique :

$$f_o = 730 \text{ d'où } \omega_o = 4580.$$

$$\Delta = \frac{760 - 685}{2} = 37,5$$

On a donc :

$$A = {}_{\Delta_o} = \frac{4580}{37,5} = 122$$

$$B_0 = \frac{1}{\Lambda_0} = 0{,}008.$$

$$Z_0 = 245 \text{ ohms} = 245 \times 10^9 \text{ abohms}$$

$$A = \frac{245 \times 4 \times 10_}{4580 \times 56 \times 10^{-4}} \frac{\text{volt}}{\text{cm/sec}} = 3{,}8 \cdot 10^{-2} \frac{\text{volt}}{\text{cm/sec}}$$

$$= 3{,}8 \times 10^6 \frac{\text{abvolt}}{\text{cm/sec}} = 3{,}8 \cdot 10^6 \frac{\text{dyne}}{\text{abampère}}$$

d'où :

$$r = \frac{(3{,}8 \times 10^6)^2}{245 \times 10^9} = 59 \text{ abohms méca} = 59 \frac{\text{dyne — sec}}{\text{cm.}}$$

$$m = \frac{59}{2 \times 37{,}5} = 0{,}8 \text{ gramme}$$

$$s = 0{,}8 \times \overline{4580}^2 = 123 \times 10^6 \frac{\text{dyne.}}{\text{cm}}$$

Mesure de l'amplitude maxima des déplacements du diaphragme. — L'appareil permettant cette mesure repose sur le principe suivant :

Un petit miroir, triangulaire, M, de 1 mm. de côté environ, est collé sur un fil légèrement tendu et vient s'appuyer, par un de ses sommets, sur le centre du diaphragme du récepteur téléphonique. Le fil supportant le miroir est fixé à ses extrémités, aux deux dents d'une fourche, *f*, solidaire d'un bâti stable. Un collier C maintient le boîtier du récepteur téléphonique, appuyé contre une platine P solidaire du même bâti. Enfin, un collimateur projette un rayon lumineux sur le miroir : les rayons réfléchis sont reçus sur une règle graduée. Si donc, on fait vibrer le diaphragme, le miroir suit le mouvement du centre de celui-ci, et les rayons réfléchis vont balayer une certaine zone de la règle graduée : par suite de la persistance des rayons lumineux sur la rétine, un observateur regardant la règle graduée, voit sur celle-ci une large zone éclairée et peut en noter l'étendue.

La largeur de cette zone est une fonction de l'amplitude de la vibration du diaphragme.

On détermine cette fonction de la manière suivante :

La fourche supportant le miroir est fixée au bâti au moyen d'une vis micrométrique tournant dans un taraudage du bâti et dont l'enfoncement est repéré par le déplacement d'une aiguille devant un cadran gradué. Connaissant donc le pas de la vis, on peut savoir de quelle quantité on déplace le fil supportant le miroir.

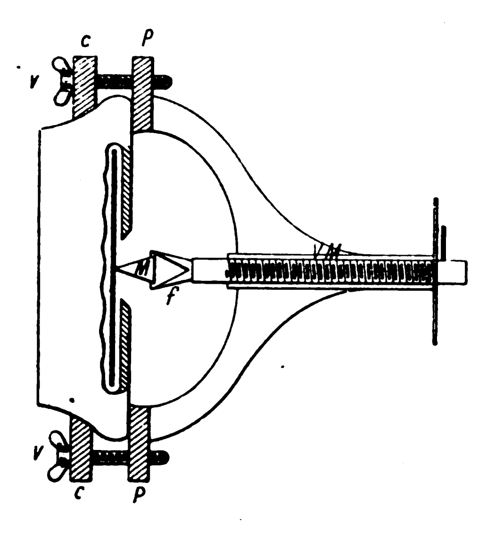


Fig. 15.
M miroir, f fourche, C collier de fixation du récepteur, P platine d'appui du récepteur, v vis de serrage, V M vis micrométrique.

Ayant fait la première détermination, on interrompt l'alimentation du récepteur, on déplace le miroir au moyen de la vis, d'une quantité telle que le miroir continuant à s'appuyer sur le diaphragme, envoie le rayon qu'il réfléchit à l'emplacement de l'une des extrémités de la bande éclairée observée précédemment. On note alors la position de la vis. Ensuite, on détourne celle-ci de manière à ce que le rayon réfléchi vienne se projeter à l'emplacement de l'autre extrémité de la bande. La quantité dont s'est déplacée la vis, lue sur la graduation du cadran, est justement égale à la double amplitude maxima de vibration du centre du diaphragme, soit à $2\, x_m$.

Autre méthode de détermination des constantes mécaniques. — On peut s'affranchir de la détermination directe de x_{mo}, en employant l'artifice suivant :

Ayant relevé le cercle cinétique de l'appareil, o· fixe, sur le centre du diaphragme de celui-ci, une masse additionnelle m' très petite d'ailleurs et on relève le cercle cinétique correspondant aux conditions nouvelles.

Si on admet que r et s ne sont point altérés, on peut écrire:

$$\omega'_0 = \sqrt{\frac{s}{m'}}$$

et :

$$\Delta' = \frac{r}{2\,m'}$$

relations qui, rapprochées de celles que l'on a obtenues précédemment, permettent de calculer m, r, s et A.

Le principe de cette détermination n'est pas irréprochable. Son exécution est laborieuse et son succès très aléatoire. On doit lui préférer celle qui repose sur la mesure de x_m.

CHAPITRE V

Variations du cercle cinétique.

Dans le chapitre précédent nous avons vu que le relevé du cercle cinétique correspond à une épreuve de distorsion.

Le relevé du cercle cinétique d'un même appareil, dans des conditions différentes donne des indications sur la manière dont l'appareil se comporte au point de vue mécanique et acoustique, dans ces conditions.

Intensité du son rendu. — L'audibilité d'un son en un point donné, est en rapport avec l'énergie de la masse d'air qui vibre. Ainsi, la connaissance de l'énergie transmise à l'air, par le diaphragme vibrant, donne une idée du pouvoir acoustique de l'appareil.

La puissance moyenne transmise à l'air par le diaphragme vibrant diffère peu de $r\,x'^2_{eff}$. Elle serait même égale à cette valeur, si le coefficient r ne comportait une partie due à l'amortissement des vibrations par les courants de Foucault.

Or, on a la relation entre modules des grandeurs :

$$r\,x'^2_{eff.} = R'\,I^2_{eff.}$$

On peut donc admettre que, à égalité de courant d'alimentation, la variation de la puissance acoustique de l'appareil, suivant les circonstances, est assez bien représentée par la variation de R' (résistance apparente du récepteur lorsque le diaphragme vibre). Si de plus, l'argument du coefficient A ne change pas, la puissance acoustique de l'appareil à la fréquence de résonance, répondant aux conditions particulières où il se trouve, est représentée par Z'_0, diamètre du cercle cinétique.

Remarque relative à la quantité A. — La quantité A n'est pas rigoureusement une constante. Mais elle comporte, comme partie principale, une valeur caractéristique de l'enroulement de l'électro-aimant, de l'état magnétique du noyau de cet élément et de la position du diaphragme par rapport à l'électro-aimant. On peut admettre en particulier qu'elle est indépendante de l'état d'encastrement de la membrane et aussi de la forme du milieu dans lequel vibre l'air qui baigne le récepteur.

Influence de la qualité de l'encastrement du diaphragme sur la qualité acoustique du récepteur téléphonique. — De ce qui précède résulte que si nous faisons varier les conditions d'encastrement d'un diaphragme de récepteur, sans changer sa position relative par rapport aux pôles de l'électro-aimant et si chaque fois nous relevons le cercle cinétique, nous pouvons nous rendre compte des variations de la puissance acoustique de l'appareil recevant un courant d'alimentation donné.

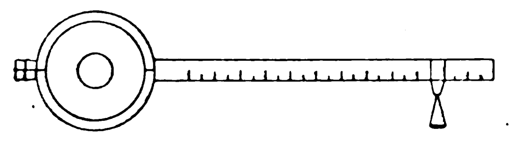


Fig. 16.

Une série de déterminations a été faite dans les conditions suivantes : le chapeau du récepteur qui assure l'encastrement du diaphragme est embrassé par un collier prolongé par un bras de levier. En déplaçant des poids le long de ce bras de levier, on fait varier le couple de torsion qui visse le chapeau dans son logement et ainsi on fait varier la pression exercée sur les bords

du diaphragme, pour les appliquer sur le rebord du boîtier qui les reçoit. Pour un certain nombre de valeurs du couple de torsion, on a relevé le cercle cinétique. Les résultats constatés sont les suivants :

1) Tous les cercles ont à peu près même dépression de leur diamètre au-dessous de l'horizontale, ce qui s'accorde avec l'hypothèse admise de la constance de A dans les conditions de l'expérience ;

2) Le diamètre du cercle cinétique croît quand le couple augmente. L'accroissement du diamètre, d'abord rapide, devient ensuite très lent et il semble qu'il soit limité.

De ce qui précède, il résulte donc, que pour avoir une bonne sensibilité acoustique d'un récepteur téléphonique, il faut que l'encastrement de son diaphragme soit aussi excellent que possible.

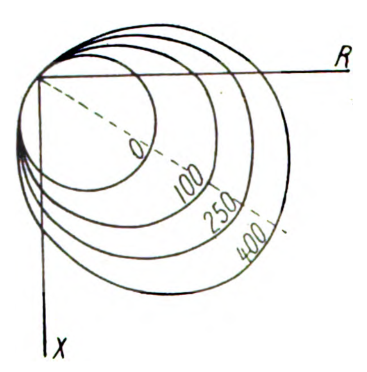


Fig. 17.
Allure des cercles cinétiques relevés en faisant varier le couple de torsion, exercé sur le chapeau.
Les chiffres représentent les couples exprimés en gm.-mètres.

Influences locales modifiant la sensibilité d'un récepteur téléphonique. — Le relevé de cercles cinétiques d'un même appareil, dans des conditions différentes, a permis de constater les faits suivants :

Le Z'_0 d'un appareil, c'est-à-dire son coefficient r, varie considérablement avec la forme des volumes offerts à l'air mis en vibration par le diaphragme.

Lorsque l'appareil est tenu à l'oreille, son Z'_0 est notablement plus petit (par exemple réduit par moitié), que quand aucune paroi ne se trouve devant lui.

La présence d'un mur, le passage d'une personne à quelques mètres de l'appareil, modifient son impédance cinétique : la nature même de l'obstacle et sa distance de l'appareil déterminent son taux de variation.

En même temps que Z'_0 varie aussi ω_0. Ce sont donc toutes les composantes de l'impédance mécanique du diaphragme qui sont modifiées.

Ces variations peuvent être observées au moyen du dispositif suivant :

Le récepteur est monté à l'extrémité d'un tube circulaire, de 8 centimètres de diamètre environ, à l'intérieur duquel on peut déplacer un piston. On alimente le récepteur au moyen d'un oscillateur, et on détermine son cercle cinétique, cela pour différentes positions du piston. On peut ainsi obtenir toute une série de cercles cinétiques, caractérisés par des Z'_0 ou des ω_0 différentes, mais ayant tous leur diamètre incliné sur l'axe réel d'angles sensiblement égaux.

CHAPITRE VI

Déformation du cercle cinétique.

Dans les chapitres precédents, nous avons indiqué quelles sont les propriétés du cercle cinétique, lorsque ce cercle existe. Mais, il peut arriver que la construction ayant donné lieu à son tracé, donne des courbes d'allure différente.

En général, les courbes relevées sont inscriptibles dans un cercle, mais présentent des boucles intérieures à ce cercle, en nombre plus ou moins grand. Ces courbes présentent en général un axe de symétrie (le diamètre principal du cercle circonscrit). L'ampleur des boucles, lorsqu'il y en a plusieurs, décroît au fur et à mesure que l'on s'écarte de cet axe.

Il est également à remarquer que la graduation des parties

tangentes au cercle circonscrit correspond à peu près à la graduation d'un cercle cinétique.

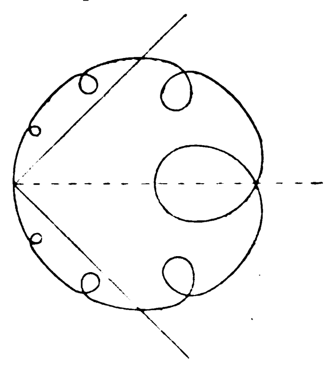


Fig. 18.

On a eu l'idée de relever en même temps que la courbe des variations d'impédance électrique, la courbe des variations d'admittance mécanique, ou plus exactement, la courbe des variations de x' en fonction de ω. On a constaté que les mêmes boucles se retrouvaient.

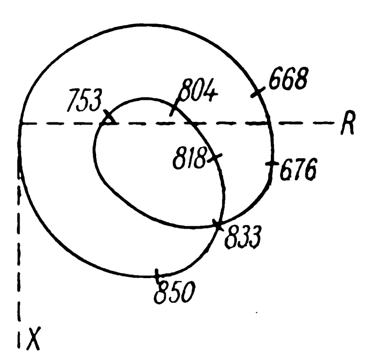


Fig. 19.

L'interprétation de l'existence de ces boucles a été trouvée, quand on a pu les provoquer artificiellement.

Au centre d'un diaphragme d'appareil téléphonique, on a fixé avec de la cire un petit ressort de métal ayant ses coefficients mécaniques propres, son m, son r et son s, donc sa fréquence de résonance. En faisant varier la longueur du ressort, on est

parvenu à le régler de manière que sa fréquence de résonance soit celle du système complexe. Et dans ces conditions, on a fait la construction amenant au tracé du cercle cinétique. On a obtenu une courbe à 1 boucle.

La raison de l'existence de la boucle est ainsi la présence d'un système parasite. Dans ces conditions, le système mécanique se comporte non comme un système vibrant simple, mais comme un système couplé par induction mutuelle avec un autre système.

La courbe de résonance du système complexe n'a plus l'allure indiquée précédemment. Elle a l'allure suivante :

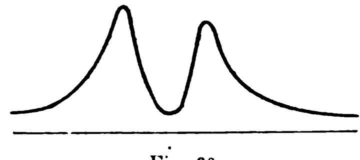


Fig. 20.

On a constaté en particulier l'existence de boucles sur des appareils fixés sur un collier au moyen de 2 vis diamétrales.

C'est dans ce cas l'inégalité des efforts d'encastrement de la plaque qui provoque une dissymétrie dans la répartition des coefficients élastiques et la coexistence de systèmes élastiques ayant leurs caractéristiques propres.

La déformation du cercle cinétique peut être obtenue pour n'importe quel appareil, en surchargeant convenablement le diaphragme au moyen de masses élastiques. En faisant varier de façon régulière les dimensions de ces masses, on parvient à obtenir des boucles d'ampleur croissante et aussi à former des boucles de plus en plus nombreuses.

L'existence d'inductances mutuelles dans le circuit électrique analogue du récepteur téléphonique peut aussi conduire à des résultats semblables.

LES RÉSEAUX RADIOÉLECTRIQUES
AU POINT DE VUE COMMERCIAL

Par M. Veaux
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

Il est quelques branches de la science qui doivent à la guerre un développement rapide. Parmi celles-ci nous devons assurément compter la télégraphie sans fil. La nécessité d'établir alors coûte que coûte des liaisons certaines entre les différents services a amené les pays en guerre à user des ondes hertziennes pour les communications vulnérables ; c'est ainsi que sur le front français un réseau sans fil se substitua en grande partie au réseau télégraphique ; pour les communications européennes, avec le front russe particulièrement, la T. S. F. vint remplacer le réseau des fils qui permettaient en temps de paix l'écoulement du trafic entre la France et la Russie ; enfin, pour pallier à la précarité des communications par câbles, la T. S. F. prêta encore son concours aux pays alliés : de là naquit la construction de la station de Croix d'Hins, destinée aux communications avec l'Amérique. On peut dire que les études de la Radiotélégraphie Militaire ont préparé l'élaboration technique des différents réseaux commerciaux de T. S. F. ; mais l'entreprise d'un réseau commercial nécessite en outre l'étude d'un grand nombre de problèmes d'un ordre tout différent, et particulièrement celui de la viabilité financière de ce réseau. La T. S. F. se heurte en effet à d'autres moyens de communication ; si elle veut l'emporter, il faut déjà que, à égalité de valeur de service, elle permette l'envoi des télégrammes à un prix inférieur à celui demandé par ses concurrents, que ce soient les fils pour les communications européennes, ou les câbles, pour les communications plus éloignées ; nous devons donc admettre comme connue la limite supérieure du prix d'envoi d'un télégramme donné entre deux points bien déterminés. Cette étude financière fait intervenir le facteur capital « trafic » ; c'est de son intensité que dépend la possibilité d'une exploitation fructueuse du Réseau T. S. F. ; les données

techniques sont relativement assez sûres ; il est donc possible d'établir des courbes de variation du prix de revient du mot transmis en fonction du trafic et de voir pour quelle valeur de ce dernier facteur ce prix reste inférieur au prix demandé par les moyens de communication déjà existants ; nous sommes alors amenés à l'étude des prévisions de trafic ; l'examen de statistiques récentes sur sa valeur (trafic des câbles — fils —), des considérations d'ordre très différents peuvent seules nous guider à ce sujet ; la guerre, qui pendant sa durée a été la source d'un échange de correspondances innombrables, a causé dans la suite une diminution considérable des échanges entre les différents pays ; ce qui était vrai en 1919 sur l'engorgement des communications mondiales ne l'est plus à l'heure actuelle ; même depuis l'ouverture de la station de Croix d'Hins le trafic du réseau actuel français de T. S. F. a diminué ; contrairement à ce qui a été écrit, ce fait ne doit pas être attribué à une mauvaise gestion, mais à l'état actuel des affaires ; il suffit d'ailleurs de constater une diminution parallèle dans le trafic des câbles. Nous n'insisterons pas sur le problème financier. Bien que rien ne nous y autorise, nous admettrons une solution favorable et nous étudierons dans une première partie intitulée « Généralités » la classification des différents réseaux commerciaux français :

Réseau des grands postes ;
Réseau des postes intérieurs ;
Réseau des postes côtiers ;
leur importance actuelle et future.

Nous aborderons ensuite l'étude de chacun de ces réseaux, particulièrement de celui des grands postes.

En définitive, nous diviserons ce travail en quatre parties : 1° Généralités ; 2° Étude du réseau des grands postes ; 3° Étude du réseau des postes intérieurs ; 4° Étude du réseau des postes côtiers.

GÉNÉRALITÉS

I. — Origine du réseau des communications radiotélégraphiques des Postes et Télégraphes. — Son importance actuelle.

Le monopole en matière de correspondance télégraphique appartient, en France, à l'État. Cela découle de la loi du 2 mai 1837 qui spécifie que : « Quiconque transmettra sans autorisa-

tion des signaux d'un lieu à un autre, soit à l'aide de machines télégraphiques, soit par tout autre moyen, sera puni d'un emprisonnement d'un mois à un an et d'une amende de mille à dix mille francs. » Le décret loi du 27 décembre 1851 vint, à l'apparition du télégraphe électrique, compléter le texte de cette cette loi :

« Aucune ligne télégraphique ne peut être établie ou employée à la transmission des correspondances que par le Gouvernement ou avec son autorisation. »

Ce principe du monopole de l'État fut étendu plus tard au téléphone et maintenant il est acquis que, en matière de trafic commercial, le monopole de l'Administration des Postes et Télégraphes s'applique à tous les modes de correspondance télégraphique ou téléphonique avec ou sans fil.

Aussi, pour remplir la mission qui lui était confiée, cette Administration dut-elle se préoccuper d'utiliser, en dehors des moyens ordinaires, les nouvelles ressources offertes par la télégraphie sans fil. Naturellement cette découverte s'appliqua tout d'abord à résoudre un problème, impossible jusqu'alors : celui de la communication entre la terre et les bateaux.

Les deux stations d'Ouessant et Porquerolles cédées par le Ministère de la Marine au Ministère des Postes et Télégraphes en septembre 1904 furent les deux premières exploitées par l Administration des Postes et Télégraphes. Leur matériel fut d'ailleurs en grande partie remplacé en vue du trafic commercial.

En 1908 les stations des Saintes-Maries-de-la-Mer et de Fort-de-l'Eau furent ouvertes, le poste de Boulogne-sur-Mer commença son trafic en 1910 ; en juin 1911, Porquerolles abandonné est remplacé par la station du Cros-de-Gagnes ; en mai 1912 Le Bouscat est ouvert à la correspondance générale ; la station du Havre terminée en août 1914 fut, en raison des hostilités, remise au service de la marine ; en 1918 Bonifacio achevé est également remis à la Marine. Le 12 décembre 1918 les stations radio-télégraphiques suivantes, construites par les Postes et Télégraphes, faisaient retour à ce ministère et étaient rouvertes au trafic privé :

Boulogne-sur-Mer, Le Havre, Ouessant, Le Bouscat, Les Stes-Maries de la Mer, Cros de Cagnes, Bonifacio, Fort-de-l'Eau.

Le 16 décembre de cette même année la station de Marseille Jetée était cédée par la marine au Ministère des Postes et Télégraphes qui étudie son adaptation à son nouveau service. En tout, cela constitue neuf stations côtières sur le littoral de la France et de l'Algérie.

En ce qui concerne les grandes stations, l'Administration des Postes et Télégraphes utilise quatre grands postes dont deux, la Tour Eiffel et Saint-Pierre-des-Corps, appartiennent au département de la guerre et les deux autres, Croix d'Hins près Bordeaux et La Doua près Lyon, lui appartiennent en propre. Une seule station d'écoute située à Villejuif centralise les réceptions de tous les correspondants.

Enfin un poste de moyenne importance (25 kws) est en construction à Pézenas et doit permettre des communications rapides avec l'Algérie et l'envoi de dépêches et bulletins météorologiques destinés aux bateaux en Méditerranée. D'autre part un poste situé près d'Alger est à l'étude pour les communications entre l'Algérie et la France.

Telle est l'importance du réseau actuel de l'Administration des Postes et Télégraphes ; neuf stations côtières de quelques kilowatts chacune de puissance, quatre grandes stations, un poste de moyenne puissance en construction et un semblable à l'étude. Nous signalerons en plus l'existence d'un certain nombre de petits postes intérieurs, destinés à suppléer, en pays montagneux, aux communications par fil, parfois précaires ; ce réseau n'est que l'amorce d'un réseau intérieur dont le développement ultérieur est à prévoir, si l'on en juge par ce qui se passe dans d'autres pays.

En tout ce matériel représente un capital qui atteint largement 100 millions.

Ce réseau est-il en état d'assurer les services qui peuvent lui être demandés? C'est ce que nous allons étudier maintenant et avant tout nous devrons examiner quelles sont les communications à établir.

II. — Données initiales pour l'établissement d'un bureau de T. S. F. français.

La France doit être à même d'assurer diverses sortes de communications que nous pourrons classer en plusieurs catégories, demandant chacune ses moyens techniques particuliers et ses méthodes propres d'exploitation ; ce sont les :

1° Communications internationales à grande distance.

2° Communications internationales européennes.

3° Communications intercoloniales.

4° Communications métropolitaines.

Les plus importantes d'entre elles sont à coup sûr les communications à grande distance ; ce sont celles que nous nous proposons d'étudier en premier lieu ; nous chercherons ensuite si les grands postes actuels sont en état de répondre aux besoins ; la réponse étant négative nous indiquerons la solution qui a été adoptée.

III. — Études des communications a grande distance a établir (1).

La construction d'un réseau radiotélégraphique français mondial fait intervenir un grand nombre de facteurs très différents les uns des autres.

Importance du trafic prévu, utilité de la liaison au point de vue politique ou en période de guerre, importance des moyens de communication déjà en usage (câbles), possibilités techniques de la T. S. F., considérations économiques, situation géographique, etc... etc...

Les différents services à grande distance que la France doit être en état d'assurer peuvent être classés en trois groupes :

1° Service rapide et intensif avec l'Amérique du Nord, Amérique Centrale et Antilles, Amérique du Sud.

---

(1) Nous n'étudierons pas la question de viabilité financière d'un réseau mondial de T. S. F. français, nous admettrons cette viabilité, bien que rien ne nous y autorise.

2° Service rapide avec l'Extrême-Orient, l'Indo-Chine, la Chine, le Japon, le Pacifique.

3° Service modéré avec les possessions françaises et étrangères de l'Afrique, de l'océan Indien et du Pacifique.

Ces liaisons n'étant pas établies par câbles il parut nécessaire de s'offrir un réseau de T. S. F. répondant au même but et demandant un capital moins élevé. La situation de la France en fait de câbles laisse complètement à désirer : deux câbles français assurent le trafic avec l'Amérique du Nord ; chacun d'eux permet en pratique un débit moyen qui ne dépasse pas 12.000 à 13.000 mots taxés par jour. D'un autre côté des statistiques de 1919 montrent qu'il est passé environ 21.000 mots par jour par ces deux câbles. A cette époque ils travaillaient donc à plein rendement (1).

Les communications avec l'Amérique du Sud sont assurées par le câble Brest-Dakar prolongé par Dakar-Pernambouc, ce dernier appartenant à la Compagnie des câbles Sud américains où la France a des intérêts. Or le débit maximum de ce câble est de 13.000 mots par jour dans les meilleures conditions et la statistique d'août 1919 indique un trafic de 9.000 mots par jour ; ce câble travaille donc à plein rendement et est largement insuffisant pour les besoins (1).

En ce qui concerne l'Amérique du Sud, non seulement le câble français mais encore tous les câbles étrangers sont insuffisants pour assurer facilement l'écoulement du trafic : d'où des retards considérables dans les transmissions (1).

En Amérique centrale un câble français Cuba, Haïti, La Martinique, La Guyane, Paramaribo, La Guayra assure dans de mauvaises conditions la transmission des télégrammes. Les télégrammes venant de France empruntent la route France-Amé-

(1) Ces résultats ne semblent plus exacts actuellement. Le trafic radio de l'administration des Postes et Télégraphes a sérieusement diminué dans les derniers temps ; contrairement à ce qui a été prétendu la cause doit en être attribuée au marasme actuel des affaires et non pas à une gestion défectueuse de l'État ; il suffit de constater un fléchissement parallèle du trafic par câbles.



rique du Nord par le câble français et sont retransmis par un câble américain ; d'où retard considérable. Pour les liaisons avec l'Extrême-Orient la France est obligée d'emprunter l'un des quatre câbles anglais de l'Eastern Telegraph Company. Aussi le trafic avec ces régions (Extrême-Orient, Indo-Chine) se chiffre à peine à 45.000 mots dans chaque sens en moyenne, par trimestre. La station de Croix d'Hins émet quelques télégrammes à des heures régulières à destination de Shanghaï, Saïgon et Madagascar ; d'ailleurs elle répète plusieurs fois le même télégramme, Les accusés de réception qui arrivent par câbles mettent 24 heures lorsqu'il s'agit de Madagascar, 3 ou 4 jours lorsqu'ils arrivent d'Indo-Chine, 6 ou 7 jours lorsqu'ils viennent de Chine.

Cette situation inférieure de la France en matière de câbles sous-marins n'allait pas sans grands inconvénients ; nécessité d'acheminer le trafic par l'intermédiaire des câbles étrangers, retards considérables dans les transmissions ; la lenteur de ces liaisons n'était pas pour développer les relations entre la France et ces pays éloignés. La clientèle s'éloigne du moyen de communication plutôt précaire et de même que l'on dit : la fonction crée l'organe, de même, dans une certaine mesure, l'organe crée la fonction.

Tel était l'état des communications mondiales françaises au moment où la télégraphie sans fil fit son apparition. Dès le début, on étudia la construction d'un vaste réseau de T. S. F. destiné à affranchir la France dans ses communications avec l'étranger ; il était bon de comparer au point de vue économique l'utilisation de la T. S. F. à celle des câbles. Bien que dans certains cas particuliers il puisse y avoir matière à discussion, il semble que pour des communicatione à grandes distances l'emploi de la T. S. F. l'emporte économiquement sur celui des câbles. Nous remarquerons en passant que n postes de T. S. F. éloignés les uns des autres et considérés deux à deux permettent l'établissement de $n \frac{(n+1)}{2}$ communications ; il faudrait donc $n\frac{(n+1)}{2}$ câbles pour assurer les mêmes liaisons. Ce réseau câble

permettrait, il est vrai, la transmission d'un trafic probablement supérieur à celui des n stations de T. S. F. Les avantages du câble sont de ne nécessiter qu'une faible dépense d'énergie, un personnel restreint et enfin de ne pas être troublé dans les mêmes proportions que la T. S. F. par les parasites de toutes sortes. D'un autre côté les dépenses de premier établissement, le matériel d'entretien (navires câbliers) l'emportent certainement sur les dépenses correspondantes d'un réseau de T. S. F. surtout si l'on considère l'ensemble total d'un réseau mondial et non pas une communication unique comportant dans le cas unique de T. S. F. deux centres radioélectriques et dans le cas des câbles, un câble ou deux permettant le fonctionnement en duplex.

Nous ne pouvons oublier non plus le rôle si important joué pendant la guerre entre les stations allemandes de T. S. F. dans les relations entre ce pays, ses propres colonies et l'Amérique. Enfin la technique des câbles ne permet pas les mêmes espoirs futurs que la télégraphie sans fil. Celle-ci possède par rapport au premier un retard très grand, elle n'en est qu'à ses débuts et déjà de multiples perfectionnements promettent mieux pour l'avenir : fonctionnement en multiplex, dosage de l'énergie nécessaire à une transmission suivant la distance et l'intensité des parasites, manipulation à grande vitesse, etc... Nous ne prétendons pas dans ces quelques lignes donner la solution d'un problème si complexe ; nous nous bornons à constater la décision adoptée : l'établissement des liaisons précitées au moyen de lignes hertziennes.

IV. — Le réseau actuel est-il en mesure de remplir sa mission ?

A cette question nous pouvons répondre catégoriquement : Non. Le réseau actuel est insuffisant en quantité de postes et en puissance pour les besoins énoncés.

Un trafic commercial intensif nécessite comme conditions essentielles une grande régularité et une grande rapidité de communication ; les télégrammes doivent parvenir aux destina-

taires en un temps très court, et ce, quelles que soient les circonstances créées dans la réception par l'intensité des parasites. Or les deux grands postes actuellement construits sont ceux de La Doua près de Lyon et Croix d'Hins près Bordeaux.

La station de Lyon, dont nous parlerons plus loin, n'est pas entendue très régulièrement en Amérique (distance 6.000 kilomètres). Les demandes de répétitions sont nombreuses et dans la saison des parasites les signaux sont illisibles. A plus forte raison cette station ne peut être utilisée pour d'autres communications à plus grande distance. C'est d'ailleurs par suite de son manque de puissance qu'une entente était intervenue entre l'Amérique et la France pour la construction du poste de Croix d'Hins destiné aux communications militaires France-Amérique. Cette station dont la puissance est de 500 kws antenne répond au but que l'on s'était proposé, mais elle possède de nombreux inconvénients ; d'une part, sa situation éloignée du centre principal à desservir (Paris), d'autre part, sa puissance trop faible pour les communications à très grandes distances, les transformations techniques nécessaires pour son adaptation à un trafic commercial économique, tout en étant intensif, nécessiteraient la construction d'un grand centre répondant aux conditions voulues. C'est ainsi qu'un trafic avec l'Amérique du sud (12.000 km.) le Japon et la Chine serait commercialement impossible si l'on ne disposait que de la station de Bordeaux (Croix d'Hins). Il suffit d'ailleurs de faire un petit examen du développement de la T.S.F. dans d'autre pays pour se rendre compte de la justesse de ces considérations : en Allemagne les deux grands postes d'Eilvese et de Nauen ont été modifiés jusqu'à atteindre des puissances antennes de 800 kws (alternateurs haute fréquence couplés en parallèle) ; en Angleterre la construction d'un vaste réseau de T. S. F. se présentait sous un jour très particulier ; la situation coloniale de ce pays, sa richesse en câbles, sa maîtrise des mers, etc... lui permettaient l'établissement d'un réseau de postes de moyenne puissance, quitte à effectuer des retransmissions pour les fortes distances. Un semblable réseau présente évidemment de nombreux inconvénients ; il possède aussi de nombreux

avantages, et en particulier celui de permettre des communications certaines à toute époque de l'année ; il n'est pas sûr du tout qu'il en soit de même pour les très fortes distances (France-Japon), par exemple, même si l'on dispose d'un poste d'émission de très forte puissance atteignant par exemple 1.000 kw-antenne.

En France, pour des raisons trop longues à énumérer, l'État a autorisé une Compagnie privée « La Compagnie Générale de T.S.F. » à « construire à ses frais et à exploiter à ses risques et périls, sous certaines conditions, des installations radio-électriques pour les communications avec les stations étrangères exploitées par des sociétés privées ou par des administrations d'État, selon les accords que la Compagnie a obtenus ou pourra obtenir pendant la durée du contrat ». Ces installations comprendront :

« 1° Une station d'émission de 1.000 kw-antenne pour les communications à grande distance et les stations de réception nécessaires ».

« 2° Une station de puissance maxima de 100 kw-antenne pour les communications européennes ».

Cette Société est soumise à un contrôle technique, financier et administratif ; à la fin de la convention (d'une durée de trente ans), les différentes installations doivent revenir à l'Administration des Postes et Télégraphes.

Dans ces conditions, la France se trouvera peut-être (1) en possession des différentes communications énumérées plus haut ; en attendant la construction et la mise en exploitation de ces deux grands postes l'État achemine par l'intermédiaire de Croix d'Hins et de La Doua le trafic qu'il lui est techniquement possible de transmettre. L'organisation actuelle des grands postes de l'Administration des Postes et Télégraphes n'est donc que provisoire ; c'est cette organisation que nous allons maintenant étudier, avec

(1) A notre connaissance, aucune étude, aucune expérience ne nous permet d'affirmer la possibilité de transmettre à tout moment un trafic intense à grande vitesse entre la France et le Japon par exemple au moyen d'une puissance de 1.000 kw-antenne.



quelques détails; d'ailleurs, lors de l'adaptation de ce réseau à ses communications définitives avec les Colonies, les transformations techniques à lui faire subir seront de faible importance; il n'en sera peut-être pas de même en ce qui concerne les méthodes d'exploitation.

CHAPITRE PREMIER

Réseau des grands postes commerciaux français.

Le but de ce chapitre n'est pas de faire la description d'un grand poste commercial, ou une étude technique des appareils qui y sont utilisés; nous essayerons de montrer comment les techniciens ont su choisir, parmi les ressources offertes par la T.S.F., celles qui répondaient le mieux aux conditions imposées pour un trafic commercial intense à grande distance. L'étude des mobiles qui ont pu les guider dans la construction d'une « cellule radiotélégraphique » ou « Centre Radioélectrique » formera la première partie de ce chapitre. Nous passerons ensuite à l'examen de l'ensemble plus complexe constitué par l'assemblage de plusieurs centres radioélectriques : nous aurons alors en vue l'organisation actuelle du réseau des grands postes de T.S.F. français; nous donnerons en dernier lieu quelques renseignements sur les installations futures relatives au centre de Sainte-Assise, déjà en construction.

Ce travail se divisera donc en trois parties:

1° Étude d'un Centre Radioélectrique.

2° Organisation des divers Centres Radioélectriques de l'Administration des Postes et Télégraphes.

3° Organisation du Centre Radioélectrique de Sainte-Assise.

Considérations générales sur l'organisation d'un centre radiotélégraphique commercial.

Nous nous proposons d'étudier brièvement les différentes considérations qui peuvent guider dans l'établissement d'un centre

radiotélégraphique à grande puissance. De toute évidence nous n'établirons pas de règles absolues ; nous montrerons néanmoins les différents facteurs qui interviennent dans la question et qui, selon le cas, prennent une importance plus ou moins grande.

I. — Construction d'un centre radiotélégraphique.

Nous examinerons tout d'abord une question préliminaire :

Supposons admis le principe de construction d'un Centre Radiotélégraphique destiné à assurer un certain nombre de communications déterminées.

La constitution de ce Centre Radio est déterminée d'après les différents services qu'il doit assurer.

Il doit être en mesure :

1° De transmettre aux différents correspondants les télégrammes qui leur sont destinés ; il possède donc une usine, fabrique de haute fréquence, constituant le poste d'émission.

2° De recevoir les télégrammes émis par les correspondants ; d'où nécessité d'un certain nombre de postes d'écoute groupés et autant que possible spécialisés chacun à la réception d'un seul correspondant.

3° De plus, la conversation entre le poste d'émission et les écoutes de réception doit avoir lieu avec toute la rapidité désirable.

Cette troisième condition est fondamentale ; elle est nécessitée par la nature de l'exploitation radio : désignons par A le centre radio considéré et par B le correspondant. Soit un télégramme transmis par le poste A : à l'une des écoutes de B il est bien ou mal reçu ; suivant le cas le centre B envoie un accusé de réception ou un avis de répétition au poste A ; cet avis reçu à l'une des écoutes de A est transmis immédiatement au poste d'émission du centre A. En somme on cherche à obtenir en T.S.F. le résultat obtenu dans les communications sur fil par l'emploi du Baudot ; dans un quadruple, un certain nombre de secteurs, deux par exemple, sont spécialisés pour les communications dans un sens, les deux autres étant spécialisés pour les communi-

cations en sens inverse ; le trafic s'écoule dans les deux sens et la conversation a lieu avec toute la rapidité désirée.

Pour satisfaire à cette condition le centre radioélectrique comporte un troisième organe que nous appellerons Central Radio (B.C.R.). De ce Central Radio, d'une part, on commande l'énergie à haute fréquence fabriquée par l'usine d'émission, d'autre part, on reçoit les télégrammes et les signaux de service captés à l'une des écoutes du centre de réception.

Cette solution provient de l'impossibilité pratique d'établir les postes d'écoute tout près de l'émission. Enfin ce Central Radio est relié par des voies multiples avec le Central Télégraphique qui lui amène le trafic à écouler par sans fil et distribue par fil les télégrammes reçus au Poste d'écoute. Parmi les nombreuses solutions qui peuvent être envisagées en ce qui concerne l'emplacement relatif des différents organes (Central Télégraphique — Central Radio — Poste d'émission — Poste de réception) nous pouvons retenir les deux suivantes :

1° Celle qui consiste à établir dans un même lieu la station de réception et le Central Radio, cet ensemble étant suffisamment éloigné de la station d'émission (20 kilomètres par exemple) ; là nous trouverons : *a*) les appareils télégraphiques (Baudot-Hughes) reliant le B.C.R. au Central Télégraphique ; *b*) les appareils télégraphiques de commande et de contrôle de l'émission ; *c*) les appareils de réception.

2° Celle qui consiste à manipuler à partir du Central Télégraphique et à ramener par fil sous forme de courants téléphoniques de préférence les signaux captés sur une écoute située à quelques kilomètres, par exemple, du Central Télégraphique.

Ces deux solutions ne sont évidemment pas les seules qui puissent être examinées : les deux ci-après se présentent sous une forme séduisante : dans la première, poste de réception et B.C.R. seraient établis au Central Télégraphique ; dans la deuxième le B.C.R. étant au poste d'émission les écoutes reçues seraient ramenées par fil d'une station de réception suffisamment éloignée : les difficultés rencontrées s'opposent à une telle organisation ; d'ailleurs il y a avantage à ne pas mêler trop inti-

mement les différents services assurés par les différents organes du Centre Radiotélégraphique.

La transmission d'un télégramme venant d'un point quelconque du territoire comporte un trajet sur fil et un trajet par voie radio. Or la considération directrice est d'obtenir un service résultant aussi parfait que possible, ce qui signifie, commercialement parlant, aussi régulier et rapide que possible. Ce résultat pour la transmission du trafic est obtenu s'il l'est particulièrement pour la voie radio. Ces conditions sont faciles à obtenir sur le trajet par fil ; si l'on craint les retransmissions qui diminuent toujours la rapidité de communication d'un télégramme, il suffit d'établir un nombre convenable de lignes télégraphiques directes entre le centre à desservir et le centre radio : on augmente ainsi le capital dépensé et le personnel d'exploitation. Que sera cette dépense comparée à l'amortissement d'une puissante station d'émission dont lé coût peut atteindre 50 ou 60 millions (le matériel radio doit être amorti en un temps relativement court), comparée aussi au prix de l'énergie utilisée à l'émission.

Nous rechercherons donc une organisation permettant un fonctionnement optimum du Centre Radiotélégraphique, ce fonctionnement est d'autant meilleur que les liaisons entre le B.C.R. d'une part, les postes d'émission et de réception d'autre part, sont plus sûres, donc plus courtes et plus nombreuses.

De plus, la présence d'un chef unique n'est pas sans avoir une influence bienfaisante sur le bon fonctionnement de cette cellule radiotélégraphique. Ainsi, le centre radio constitue un ensemble dont les différents organes sont aussi rapprochés que le permettent les possibilités techniques. Quel emplacement doit-on lui donner? La réponse est toute naturelle. Si aucune raison d'un ordre autre que le point de vue commercial n'intervient, le centre doit être construit dans le voisinage immédiat du point à desservir (1).

(1) On pourrait chercher aussi à construire le poste d'émission en un lieu où l'énergie est à bas prix, quitte à l'éloigner du point à desservir; il ne nous semble pas que cette organisation doive, en général, l'emporter sur celles indiquées ci-dessus.



II. — DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE DU POSTE D'ÉMISSION.

Nous nous sommes proposé de desservir un certain nombre de communications avec des correspondants inégalement éloignés. Nous pourrions donc envisager un mode d'exploitation différent avec chacun de ces correspondants suivant l'intensité du trafic que nous devons lui transmettre.

Expliquons-nous :

Nous savons que l'intensité des signaux reçus à une certaine distance pour une même puissance à l'émission varie considérablement suivant l'époque de l'année et suivant l'heure d'une journée ; de même suivant le mois et l'heure du jour l'amplitude des atmosphériques rend la réception plus ou moins facile (1). Enfin à un instant donné la puissance nécessaire à l'émission pour une communication augmente avec la vitesse de manipulation. Nous pourrions alors considérer les deux modes suivants d'exploitation : dans l'un nous chercherions une communication régulière et rapide à toute heure et à toute époque, dans l'autre, nous nous contenterions d'écouler le trafic aux heures favorables. En réalité il y a nécessité d'obtenir le premier résultat ; alors la puissance maxima du poste est déterminée par la nécessité d'une communication rapide à toute heure et à toute époque avec le correspondant le plus éloigné, quitte à n'utiliser qu'une partie de cette puissance lorsque les conditions le permettent.

Des formules mathématiques donnent une première idée de la puissance à installer. Mieux encore les résultats d'expériences effectuées sur des postes déjà construits, résultats étudiés à la faveur de la technique de la T.S.F., fournissent des indications très intéressantes. Enfin, si l'on ne veut pas engager un capital par trop considérable, l'intensité des signaux reçus chez le correspondant étant en gros fonction du produit $h \times I$, on se réserve

(1) Essais d'appareils anti-parasites faits par l'Administration des Postes et Télégraphes en été 1920 : trafic facile à écouler dans la nuit, très difficile vers 14 heures.



la possibilité d'augmenter le facteur I, soit d'une part la capacité de l'antenne, d'autre part le dispositif de charge de l'antenne.

III. — Emplacement exact des différents organes du centre radio

Tout en nous pliant aux conditions énoncées dans le paragraphe I, nous possédons une certaine latitude pour l'emplacement exact des différents organes; cette latitude permet de satisfaire à certaines conditions d'ordre technique : *pour le poste d'émission* on recherche un terrain suffisamment grand pour permettre une extension ultérieure — à proximité d'une, ou deux si possible, sources indépendantes d'énergie, l'une servant de secours à l'autre — ce terrain doit permettre une bonne prise de terre, etc... etc... *Pour le poste de réception* on recherche un terrain dégagé et éloigné de tout centre, de toute ligne d'énergie électrique; des essais préalables auront permis de constater que l'on peut y recevoir convenablement des postes déjà construits sans être troublé par des parasites d'origine locale.

IV. — Considérations financières.

Voici donc déterminés d'un côté la puissance maxima (1) du poste d'émission, d'autre part les divers emplacements : cette puissance a été largement dimensionnée afin de permettre à tout moment un trafic régulier et rapide avec le correspondant le plus éloigné. Néanmoins on ne doit pas oublier le caractère commercial de l'entreprise : il faut donc chercher pour un service de qualité égale une organisation donnant un minimum de dépenses; on essaie de rendre maximum le rendement de ce centre radio, autrement dit la différence entre les recettes et les dépenses de toute sorte; or, les recettes sont fonction du trafic prévu et on peut les apprécier en tenant compte du prix actuel de transmis-

(1) Nous préciserons plus loin.

sion du mot par câble. On se rend compte de l'incertitude qui règne dans l'évaluation des recettes ou ce qui revient au même du trafic : seule l'étude des moyens de communications autres que la T.S.F. (câbles sous-marins), des renseignements fournis par le Bureau Central de Berne sur les probabilités en trafic, peuvent servir de point de départ ; les dépenses sont fonction :

1° du trafic

2° de l'amortissement du matériel et intérêt

3° de l'énergie dépensée

4° de l'entretien du matériel

5° du personnel.

Le rendement est une fonction croissant avec le trafic ; sa limite supérieure est fixée par les qualités techniques des appareils actuels : vitesse maxima de manipulation, vitesse maxima de réception ; si nous ne pouvons trouver un matériel technique donnant pour ce rendement maximum une valeur positive, c'est que, au point de vue financier, la combinaison n'est pas viable. En général il est bon, pour la détermination du matériel technique, de tabler sur un trafic bien supérieur à celui prévu immédiatement et par conséquent de rechercher la possibilité d'une manipulation très rapide. La détermination du matériel étant faite il est possible de rechercher à quel taux doit s'élever le trafic pour que, le prix du mot étant légèrement inférieur à celui demandé par tout autre moyen de communication déjà existant, le rendement du centre radio soit positif. Il est intéressant de comparer ce chiffre à celui prévu.

Toute règle absolue est impossible à établir ; cependant on peut considérer comme acquise la remarque suivante : le gros morceau du centre radio, celui qui mange le plus d'argent, étant le poste d'émission, il faut mettre tout en œuvre pour lui permettre un fonctionnement optimum ; en particulier il ne faut pas lésiner sur les dépenses relativement faibles correspondant au poste de réception, au B. C. R. et aux liaisons entre les différents organes du centre radio ; les études de la réception doivent être poussées avec acharnement ; là un perfectionnement d'un coût peu élevé permet une diminution très sensible du prix

du poste d'émission et de l'énergie nécessaire à la bonne communication.

Tout système perfectionné (anti-parasite) doit être adopté quel que soit son prix, toujours minime par rapport à celui du poste d'émission ; les économies qu'il permettra le rachèteront presque immédiatement.

V. — Emploi des ondes entretenues. Choix de la longueur d'onde.

Seules, actuellement, les ondes entretenues sont utilisées pour les postes à grande puissance ; leurs avantages justifient pleinement leur emploi : sélection meilleure, réception à l'hétérodyne, isolement plus facile à obtenir pour une même puissance dans l'antenne, etc... Le choix de la longueur d'onde dépend des distances de communication ; il existe, nous le savons, une longueur d'onde optima variable avec la distance à franchir et l'état de l'atmosphère d'autant plus grande que cette distance est elle-même plus forte. La formule d'Austin nous donne une première idée de cette valeur optima ; les correspondants étant nombreux et inégalement éloignés, la formule précitée donnerait pour chacun d'eux une valeur différente. Il ne semble pas utile dans l'exploitation d'utiliser plusieurs valeurs de longueur d'onde ; dans une antenne bien construite la longueur d'onde de travail est sensiblement triple de la longueur d'onde propre. On n'utilise donc normalement qu'une seule longueur d'onde de travail ; on la choisit forte (20.000 à 30.000 mètres). Naturellement on s'éloigne suffisamment de celles utilisées déjà par des postes construits ou en construction.

VI. — Puissance a mettre dans l'antenne. Antennes pylones.

Le choix de la longueur d'onde de travail détermine celui de la longueur d'onde propre de l'antenne ; il reste à déterminer les caractéristiques de l'antenne ; pour ce faire, il faut partir de l'intensité nécessaire à une bonne réception auprès des correspondants. La sécurité d'une communication est caractérisée par



la valeur de la force électromotrice induite par unité de hauteur effective de l'antenne réceptrice. M. de Bellescize écrit : « Sous certaines conditions à remplir pour les appareils de réception une force électromotrice de 20×10^{-6} volts par mètre permet un trafic moyen au cours de la mauvaise saison. Pour obtenir un service à peu près continu il faudrait, soit avec les récepteurs actuels arriver à des forces électromotrices de 200×10^{-6} volts par mètre (c'est-à-dire multiplier les rayonnements par cent) (1), soit avec 20×10^{-6} volts par mètre imaginer un perfectionnement tel que les quantités d'électricité mises en jeu par les perturbations soient réduites dans le rapport d' « environ 10 à 1 ; ce perfectionnement est hors du domaine des possibilités offertes par le dispositif classique auquel on doit déjà des résultats fort intéressants ». Or, la longueur d'onde de travail étant fixée, la force électromotrice par mètre de hauteur effective de l'antenne réceptrice ne dépend plus que du produit $h \times I$, h étant la hauteur effective de l'antenne d'émission et I l'intensité à sa base. C'est à ce produit que l'on donne une valeur convenable, suffisamment forte pour une bonne réception auprès du correspondant le plus éloigné ; il ne faut cependant pas dépasser une valeur trop grande qui entraînerait des dépenses considérables et dans la construction du poste d'émission, et dans l'énergie utilisée pour la communication. Le résultat de l'étude des dépenses affectées à ce poste d'émission limite dans le choix du produit h. C'est ici que la technique intervient et permet de conserver au produit indiqué sa valeur constante tout en donnant lieu à des dépenses minima. Ces dernières sont fonction de h et de I et l'on recherche le minimum de cette fonction, le produit h I étant constant et égal à différentes valeurs supposées croissantes. Les différents minima obtenus croissent et l'on s'arrête pour la (2) valeur de hI avant d'atteindre une dépense qui pour-

(1) Cela justifie ce que nous disons plus haut sur les difficultés des communications, à certaines époques, avec des correspondants très éloignés, même si l'on dispose d'une puissance très forte à l'émission.

(2) Pour les grandes stations les antennes en nappe sont généralement utilisées.

rait compromettre la viabilité de l'entreprise. Le facteur h correspond à la hauteur des pylônes aux formes d'équilibre des différents fils d'antenne et à la répartition des courants le long de ces fils, le facteur I correspond à la capacité de la nappe d'antenne et au voltage maximum que peuvent supporter les isolateurs extrêmes :

$$I = CU\omega$$

Nous pouvons fixer $U = 100.000$ volts ; ω est connu et nous avons une relation entre I et C.

Le problème posé ci-dessus fait intervenir une quantité de facteurs et parmi eux le facteur trafic, dont l'incertitude est considérable, ou plutôt le temps pendant lequel l'antenne est parcourue par des courants, ce temps dépendant du trafic, de la vitesse de manipulation, des appareils de charge utilisés.

La puissance rayonnée par l'antenne a pour valeur :

$$P_r = 160\,\pi^2 \left(\frac{hI}{\lambda}\right)^2$$

est constante puisque nous supposons hI constant. La puissance dissipée est

$$P_d = RI^2$$

R étant la somme des résistances, antenne, self d'antenne, alternateurs et prise de terre ; or il est difficile de diminuer la résistance de la prise de terre, qui constitue la partie principale de R, au-dessous d'une certaine valeur. La puissance totale fournie par le système de charge de l'antenne est égale à :

$$P_t = 160\,\pi^2 \frac{(hI)^2}{\lambda} + R \times I^2$$

Elle est d'autant plus grande pour une même puissance rayonnée que I est grand. Si donc le temps pendant lequel l'antenne est parcourue par des courants est long (trafic très grand quelle que soit la durée de manipulation) il y a avantage pour économiser l'énergie à donner à h une forte valeur et à diminuer I. On diminue en même temps ainsi la puissance des machines qui alimentent l'antenne.

la valeur de la force électromotrice induite par unité de hauteur effective de l'antenne réceptrice. M. de Bellescize écrit : « Sous certaines conditions à remplir pour les appareils de réception une force électromotrice de 20×10^{-6} volts par mètre permet un trafic moyen au cours de la mauvaise saison. Pour obtenir un service à peu près continu il faudrait, soit avec les récepteurs actuels arriver à des forces électromotrices de 200×10^{-6} volts par mètre (c'est-à-dire multiplier les rayonnements par cent) (1), soit avec 20×10^{-6} volts par mètre imaginer un perfectionnement tel que les quantités d'électricité mises en jeu par les perturbations soient réduites dans le rapport d'« environ 10 à 1 ; ce perfectionnement est hors du domaine des possibilités offertes par le dispositif classique auquel on doit déjà des résultats fort intéressants ». Or, la longueur d'onde de travail étant fixée, la force électromotrice par mètre de hauteur effective de l'antenne réceptrice ne dépend plus que du produit $h \times I$, h étant la hauteur effective de l'antenne d'émission et I l'intensité à sa base. C'est à ce produit que l'on donne une valeur convenable, suffisamment forte pour une bonne réception auprès du correspondant le plus éloigné ; il ne faut cependant pas dépasser une valeur trop grande qui entraînerait des dépenses considérables et dans la construction du poste d'émission, et dans l'énergie utilisée pour la communication. Le résultat de l'étude des dépenses affectées à ce poste d'émission limite dans le choix du produit h. C'est ici que la technique intervient et permet de conserver au produit indiqué sa valeur constante tout en donnant lieu à des dépenses minima. Ces dernières sont fonction de h et de I et l'on recherche le minimum de cette fonction, le produit h I étant constant et égal à différentes valeurs supposées croissantes. Les différents minima obtenus croissent et l'on s'arrête pour la (2) valeur de hI avant d'atteindre une dépense qui pour-

(1) Cela justifie ce que nous disons plus haut sur les difficultés des communications, à certaines époques, avec des correspondants très éloignés, même si l'on dispose d'une puissance très forte à l'émission.

(2) Pour les grandes stations les antennes en nappe sont généralement utilisées.

rait compromettre la viabilité de l'entreprise. Le facteur h correspond à la hauteur des pylônes aux formes d'équilibre des différents fils d'antenne et à la répartition des courants le long de ces fils, le facteur I correspond à la capacité de la nappe d'antenne et au voltage maximum que peuvent supporter les isolateurs extrêmes :

$$I = CU\omega$$

Nous pouvons fixer $U = 100.000$ volts ; ω est connu et nous avons une relation entre I et C.

Le problème posé ci-dessus fait intervenir une quantité de facteurs et parmi eux le facteur trafic, dont l'incertitude est considérable, ou plutôt le temps pendant lequel l'antenne est parcourue par des courants, ce temps dépendant du trafic, de la vitesse de manipulation, des appareils de charge utilisés.

La puissance rayonnée par l'antenne a pour valeur :

$$P_r = 160\,\pi^2\left(\frac{h\,I}{\lambda}\right)^2$$

est constante puisque nous supposons $h\,I$ constant. La puissance dissipée est

$$P_d = R\,I^2$$

R étant la somme des résistances, antenne, self d'antenne, alternateurs et prise de terre ; or il est difficile de diminuer la résistance de la prise de terre, qui constitue la partie principale de R, au-dessous d'une certaine valeur. La puissance totale fournie par le système de charge de l'antenne est égale à :

$$P_t = 160\,\pi^2\,\frac{(h\,I)^2}{\lambda} + R \times I^2$$

Elle est d'autant plus grande pour une même puissance rayonnée que I est grand. Si donc le temps pendant lequel l'antenne est parcourue par des courants est long (trafic très grand quelle que soit la durée de manipulation) il y a avantage pour économiser l'énergie à donner à h une forte valeur et à diminuer I. On diminue en même temps ainsi la puissance des machines qui alimentent l'antenne.

On est arrêté dans la valeur de h par l'augmentation de prix des pylônes ; ce prix à égalité d'efforts à supporter croît à peu près comme le carré de leur hauteur. Indépendamment de ces considérations nous devrons donner à l'antenne une longueur d'onde propre λ_0 sensiblement égale au $\frac{1}{3}$ de la longueur d'onde de travail. Or λ_0 varie entre 5 l et 7 l lorsque la largeur de la nappe varie par rapport à sa longueur (l = longueur d'un brin d'antenne). Nous avons déjà une relation :

$$\lambda_0 = f(b, l) \qquad (b = \text{largeur de la nappe})$$

Si une valeur est adoptée pour h, I est aussi connue et la capacité C à donner à l'antenne aussi :

$$C = \frac{I}{U\omega} \qquad U = 100.000 \text{ volts par exemple.}$$

Or C d'une façon générale est fonction de la hauteur de la nappe (déterminée aux flèches près), de sa largeur, de sa longueur du nombre de brins d'antenne, de leur espacement, de leur diamètre, et de la distribution des potentiels ; h étant donné les éléments principaux de variation de la capacité seront b et l déjà liés par la relation $\lambda_0 = f(b, l)$.

Nous n'entrerons pas dans les détails de calcul ; nous nous bornerons à signaler l'utilité des renseignements fournis par les antennes de grands postes déjà construits. Leurs caractéristiques permettent de prédéterminer celles du poste que l'on veut construire ; la loi de similitude en particulier est d'un grand secours.

En ce qui concerne l'antenne, une discussion économique permettrait aussi de déduire la résistance ohmique ; si r désigne la résistance de cette antenne, l'intensité I étant déterminée, on peut estimer d'une part les dépenses rI^2 (nombre d'heures d'utilisation de l'antenne) et d'autre part celles dues à l'amortissement et à l'intérêt du métal (amortissement très faible par suite de la possibilité de récupération totale du cuivre) et à la dépense qu'une antenne plus lourde entraînerait pour les pylônes. En

réalité ces calculs sont inutiles et il suffit de donner à r une valeur faible par rapport à celle de la prise de terre :

$$r < \frac{1}{10} \text{ d'ohm}$$

En dehors des questions où intervient le facteur trafic si incertain, mais que nous supposerons toujours très grand, des améliorations d'ordre purement technique permettent d'aboutir au même résultat avec une dépense plus faible. Ex. : Le choix de la valeur de r étant adopté, il est encore possible de construire l'antenne de plusieurs manières différentes ; on dispose de la latitude encore laissée pour diminuer le poids de métal, diminuer les efforts à supporter par les pylônes ou ajuster ces efforts à ceux que peut supporter chaque pylône. On est en effet libre du nombre de brins d'antenne, de la disposition de ces brins qui, parallèles, peuvent être inégalement distants les uns des autres. On doit tenir compte des effets du vent et les résultats par temps calme sont évidemment différents de ceux obtenus par vent violent.

On peut hésiter entre deux types de pylônes : pylônes rigides ou tours, pylônes haubannés. On cherche à réaliser des économies qui peuvent être considérables en supprimant toute pièce de métal qui ne viendrait pas concourir à la solidité de l'ensemble. Les grosses dépenses à considérer ici sont d'une part le prix du poids de métal, d'autre part le prix du montage ; à égalité d'efforts susceptibles d'être supportés, il semble que le type haubanné doive l'emporter sur l'autre. Cependant une étude technique développée a déjà permis de réduire la différence de poids qui existe entre les deux modèles ; il paraît possible de diminuer encore cette différence. D'autre part le type haubanné nécessite une surveillance beaucoup plus sérieuse : tension des haubans donnant au pylône une direction bien verticale. Il demande par contre une dépense de peinture pour l'entretien plus faible que le genre rigide dont la surface totale est naturellement plus grande.

Dans tous les cas on choisit un coefficient de sécurité très élevé



quitte à augmenter dans une certaine mesure les dépenses de premier établissement.

Supposons maintenant déterminées approximativement les données principales de l'antenne, il reste à procéder à des calculs précis et définitifs : forme géométrique exacte, capacité, longueur d'onde propre, hauteur effective en tenant compte d'une façon plus précise des formes d'équilibre et d'une répartition plus exacte des courants résistance ohmique, résistance de rayonnement, etc...

Et l'on est en mesure de déterminer les caractéristiques du système de charge de l'antenne : dans le cas d'un alternateur haute fréquence celui-ci doit être capable de débiter un courant $I = CU\omega$ (où ω est connu et U égal au maximum à 100.000 volts) dans un circuit d'une longueur d'onde λ (1), de capacité C et de résistance totale $(R_0 + R_2)$, R_0 étant la résistance ohmique de la prise de terre de l'alternateur, self d'antenne et antenne ; et R_2 la résistance de rayonnement de l'antenne ; l'alternateur étant accordé sur l'antenne, la puissance maxima qu'il doit fournir est $(R_0 + R_2) I^2$ où $I = CU\omega$, U ayant sa valeur maxima 100.000 volts par exemple. Les caractéristiques de notre alternateur sont :

1° Période donnée par la longueur d'onde de travail ;

2° L'intensité du courant à produire $I = C U \omega$;

3° La force électromotrice $E = (R_0 + Rr) \times I$.

VII. — Choix du matériel d'émission.

Trois systèmes d'émissions se présentent à nous :

Alternateur haute fréquence ;

Arc ;

Lampes.

Pour la puissance considérée l'usage des lampes ne nous parait pas désigné ; il nous reste donc à comparer l'arc et l'alternateur haute fréquence et pour ce faire nous supposerons remplies les conditions suivantes, plutôt favorables à l'arc :

(1) Longueur d'onde de travail.

Deux stations d'émission possédant des antennes identiques comportent l'une deux convertisseurs à arc de chacun 500 kws antenne, l'autre deux groupes haute fréquence de même puissance ; nous admettrons que l'énergie est puisée au même réseau de distribution de courant alternatif. La constitution du premier poste est en gros :

1° Un poste de transformation ;

2° Deux moteurs synchrones entraînant deux génératrices courant continu ;

3° Deux arcs et leurs accessoires et celle du deuxième :

1° Un poste de transformation ;

2° Deux moteurs synchrones entraînant deux génératrices courant continu ;

3° Deux groupes haute fréquence comprenant chacun un moteur à courant continu, un alternateur haute fréquence et tous les accessoires.

La puissance fournie par ces générateurs aux deux antennes étant la même, nous pouvons supposer, malgré la différence des rendements de l'arc et d'un groupe haute fréquence, que pour ces deux systèmes les génératrices de courant continu, moteur synchrone et poste de transformation, sont les mêmes. Dans une étude détaillée nous ferions rentrer en ligne de compte ces différents éléments. Il nous reste à faire la comparaison entre les deux convertisseurs à arc, avec leurs accessoires, de chacun 500 kws, et les deux groupes haute fréquence y compris aussi leurs accessoires. Nous nous placerons enfin dans les conditions actuelles en admettant que les arcs de 500 kws fonctionnent avec une onde de compensation. Même simplifié ainsi, la solution de ce problème dépend d'un grand nombre de facteurs, dont plusieurs difficiles à apprécier :

1° Trafic à écouler ;

2° Vitesse de manipulation ;

3° Prix de l'énergie au point considéré, dépendant du prix de la tonne de charbon variable avec l'époque ;

4° Intérêt et amortissement du matériel, cet amortissement étant différent suivant le système considéré ;

5° Le rendement électrique ;

6° Entretien ;

7° Personnel ;

8° Encombrement différent entraînant des dépenses différentes pour la surface couverte.

Nous négligerons les facteurs secondaires ; les deux points principaux par lesquels diffèrent ces deux systèmes d'émission sont :

1° Leur prix ;

2° Leur rendement électrique en trait continu.

Or il est incontestable qu'un alternateur à haute fréquence coûte plus cher qu'un arc de même puissance. Nous croyons qu'un groupe de haute fréquence 500 kws antenne coûte environ deux millions et un quart y compris les accessoires. Vu le temps restreint utilisé à la rédaction de ces lignes il nous a été impossible de nous procurer les prix d'arcs de même puissance et en particulier de ceux de Croix d'Hins. Nous pensons néanmoins que le prix des 2 arcs et de leurs accessoires n'est pas loin de deux millions et demi. En ce qui concerne la durée d'amortissement du matériel nous devrons choisir un temps plutôt court, au plus dix ans ; en toute rigueur nous devrions prendre des valeurs différentes pour chacun des deux systèmes. Seuls les résultats d'expérience pourraient nous fixer à cet égard. En réalité, la durée d'amortissement est elle-même fonction du temps de marche de l'appareil, c'est-à-dire du trafic écoulé et de la vitesse de manipulation. Il est bon de compter pour l'intérêt et l'amortissement du capital engagé un taux d'au moins 15 °/₀.

Pour ce qui est du rendement, l'alternateur l'emporte de beaucoup. Le rendement de l'arc, autrement dit le rapport de la puissance qu'il absorbe sous toutes ses formes à celle qu'il restitue à l'antenne n'atteint certainement pas 40 °/₀ ; dans les mêmes conditions le rendement d'un groupe haute fréquence dépasse certainement 60 °/₀.

La différence du personnel nécessaire à la marche des deux systèmes ne possède qu'une influence négligeable dans leur comparaison. L'arc nécessite la présence d'un sous-chef de

station et de deux électriciens, l'alternateur d'un sous-chef de station et d'un seul électricien ; ce dernier économise donc quatre agents, le nombre d'équipes qui doivent se relayer pour assurer un service étant de quatre par vingt-quatre heures. A huit mille francs par agent cela constitue un avantage de trente-deux mille francs par an pour l'alternateur.

Les dépenses d'entretien de l'arc sont aussi beaucoup plus fortes que celles de l'alternateur ; faute de chiffres précis, que nous eussions pu nous procurer en faisant la somme de toutes les dépenses effectuées pour l'entretien des arcs de Croix d'Hins, nous n'insisterons pas davantage sur ce point. Enfin la vitesse de manipulation de l'arc, malgré certains perfectionnements annoncés (projets de la Federal C° : vitesse de 100 mots minute) est bien inférieure à celle que permet l'alternateur et qui dépasse très facilement la vitesse de 100 mots à la minute.

Bien qu'il soit impossible de classer tous les cas qui peuvent se présenter nous pouvons examiner les suivants :

1° *Manipulation faible vitesse* (20 mots minute).

Nombre d'heures de fonctionnement grand (donc trafic moyen 24 heures à 1.200 mots = 28.000 mots par jour).

La dépense d'énergie de l'alternateur, beaucoup plus faible que celle de l'arc entraînerait une économie certainement supérieure à la différence des amortissements et intérêts des capitaux engagés sur ces appareils ; cette économie est d'autant plus forte que le prix de l'énergie est plus élevé.

2° *Manipulation faible vitesse. — Nombre d'heures de fonctionnement moyen.*

C'est le cas de la station de Croix d'Hins qui liquide à la vitesse de 20 mots à la minute un trafic de 10.000 mots au maximum par jour. Le prix du Kw H y est de : 0 fr. 24 centimes.

Pendant le mois d'octobre 1921 il a été transmis 201.000 mots pour une dépense d'énergie de 318.965 KwH, soit 76.551 frs ; si nous déduisons de cette somme celle qui correspond aux dépenses d'énergie, destinée à l'éclairage et à tous les services accessoires (atelier), etc., etc... nous estimons que les arcs ont absorbé au moins 60.000 frs pour leur alimentation.

Un alternateur fonctionnant pendant le même temps en trait continu n'utiliserait au maximum que les $\frac{40}{60}$ de cette somme, soit 40.000 frs et en manipulation les $\frac{2}{3}$ de cette somme, soit $\frac{80.000}{3}$, 28.000 frs en gros. L'économie par an atteindrait au minimum :

$$34.000 \times 12 = 396.000 \text{ frs.}$$

L'avantage de l'alternateur est donc évident. Cet avantage s'atténuerait et pourrait même disparaître si la vitesse de manipulation de l'arc était augmentée jusqu'à sa valeur maxima (50 mots minute) permise par les relais de la station, si d'autre part le prix de l'énergie (1) était diminué.

3° *Manipulation faible vitesse* (20 mots minute) *trafic très faible.*

C'est le seul cas où l'arc l'emporte d'une façon évidente sur l'alternateur. Si des raisons autres que des raisons commerciales nous imposent la construction d'une station très éloignée de nous, nous chercherons à immobiliser un capital minimum ; l'arc est alors tout désigné.

4° *Manipulation à la vitesse maxima permise par l'arc (50 mots par minute).*

Fort trafic à écouler.

Si nous comptons, par exemple 6.000 heures de fonctionnement par an à 50 mots par minute soit un trafic annuel de $6.000 \times 60 \times 50 = 24$ millions de mots ou de :

$$\frac{24.000.000}{360} = 66.000 \text{ mots par jour,}$$

un rendement maximum de 40 % pour l'arc le nombre de KwH absorbés par ce dernier atteindra le chiffre de :

$$\frac{100}{40} \times 8.000 \times 500 = 10 \text{ millions KwH}$$

l'énergie empruntée au réseau est de $10^6 \times \frac{1}{\eta}$, η étant le rendement de l'ensemble compris entre le poste de transformation inclus et la génératrice de l'arc inclus.

(1) Ou de la tonne de charbon.

Si nous considérons l'alternateur, l'énergie qu'il absorberait en trait continu serait égale à

$$\frac{4}{6} \times 10^6 \times \frac{1}{\eta} \text{ KwH}$$

l'économie effectuée serait

$$3.333.333 \times \frac{1}{\eta}$$

et en prenant pour $\frac{1}{\eta}$ la valeur $\frac{12}{10}$ en gros : 4.000.000 KwH soit, à 0,24 le KwH, une économie de

$$4.000.000 \times 0,24 = \text{en gros } 1.000.000 \text{ frs,}$$

et à 0 fr. 10 le KwH une économie de

$$4.000.000 \times 0.10 = 400.000 \text{ frs.}$$

De toute évidence cette somme l'emporte sur la différence des intérêts et amortissements des deux systèmes.

5° *Très grande vitesse de manipulation. — Trafic très élevé.* Seul l'alternateur peut être utilisé ; la condition de très gros trafic entraîne d'ailleurs celle de manipulation rapide, dans l'état actuel où l'on n'envisage pas encore un système commercial d'émission sur la même antenne au même instant au moyen de plusieurs longueurs d'onde. Donc pour un service commercial à grand débit on adopte des alternateurs haute fréquence. Jusqu'à présent nous avons fait une comparaison sans tenir compte d'un certain nombre d'avantages que présente l'alternateur ; leur usage donne à l'exploitation une souplesse considérable par suite de la possibilité de les coupler en parallèles. Il est possible, si la station comporte un certain nombre d'alternateurs haute fréquence, de doser l'énergie suivant la distance de la communication à établir et suivant l'heure et l'époque de l'année. Nous aurions pu, au lieu de comparer deux arcs de 500 Kws antenne à deux alternateurs de même puissance, les comparer avec l'ensemble trois alternateurs haute fréquence de 250 Kws.

Mieux encore, grâce à cette possibilité du couplage en parallèle, grâce aussi à certains perfectionnements il est possible d'envisager le fonctionnement en multiplex. Par exemple notre station d'émission comportera :

1° Une antenne constituée par deux demi-nappes qui peuvent être soit séparées l'une de l'autre, soit réunies en une seule nappe ;

2° Un certain nombre d'alternateurs haute fréquence pouvant être couplés en parallèle ; un tel ensemble permet les modes de fonctionnement suivants :

a) Deux émissions simultanées sur les deux demi-nappes, chacune de ces deux demi-nappes étant alimentée par les groupes haute fréquence convenables. Les deux longueurs d'onde des deux émissions simultanées pourront être voisines l'une de l'autre.

b) une émission à forte puissance les deux demi-nappes étant réunies en parallèle par exemple et alimentées par des groupes haute fréquence groupés eux-mêmes en parallèle. Le problème proposé consistant à établir de nombreuses communications à grand trafic avec différents correspondants inégalement distants se trouve ici résolu de la manière la plus convenable. Pour écouler le même trafic dans les mêmes conditions, en utilisant des arcs, les dépenses de premier établissement elles-mêmes l'emporteraient très probablement sur celles mises à la construction de la station à alternateur précité.

Il est vrai que les multiples manœuvres nécessitées dans la station à alternateurs entraineront une conversation de service plus abondante avec les différents produits correspondants : la dépense d'énergie provenant de ce fait ne sera peut-être pas négligeable ; le futur nous fixera à cet égard et nous fournira des précisions sur les économies présentées par un tel ensemble si séduisant au point de vue technique ; nous n'insisteront pas sur un certain nombre d'autres avantages présentés par l'alternateur : pureté des ondes, harmoniques inexistant contrairement à ce qui se passe avec l'arc qui peut en outre causer dans les postes d'écoute voisins des bruissements empêchant toute bonne réception. C'est ainsi que le poste côtier du Bouscat qui fonctionne sur 600 mètres de longueur d'onde travaille très difficilement lorsque la station de Croix d'Hins envoie des émissions.

Emploi des lampes. — Ainsi que nous l'avons dit plus haut l'utilisation des lampes ne semble pas possible pour les fortes puissances envisagées ici. Nous devons signaler cependant les

conclusions de la Commission Britannique de T.S.F. chargée de l'étude du Réseau Britannique Intérieur; cette Commission s'est décidée pour l'emploi de postes à portée réduite (3.000 kilomètres) quitte à effectuer des retransmissions.

Nous ne nous arrêterons pas à discuter les avantages et les inconvénients d'un pareil réseau ; nous remarquerons simplement qu'il eût été difficile et même impossible de le considérer pour une nation comme la France si pauvre, en câbles, et qui ne possède pas la maîtrise des mers.

Actuellement des lampes de 5 Kws de puissance utile dans l'antenne sont construites ; le Comité Impérial avait demandé la réalisation d'émetteurs thermioniques capables de fournir 120 Kws dans l'antenne et prévoyait même la possibilité d'obtenir d'ici peu une puissance double. L'une des dépenses principales occasionnées par l'emploi des lampes, est celle du renouvellement des lampes usagées ; des chiffres très variés sont fournis sur la durée d'une lampe ; parfois on compte 200 heures. Il nous a été permis de voir au poste de communication Paris-Londres des lampes de 1.500 watts qui pour la plupart avaient dépassé une durée de 1.500 heures.

L'Administration des Postes et Télégraphes ayant établi un concours pour la fourniture de lampes de 1 Kw trouva fournisseur au prix de 1.300 frs la lampe ; les lampes utilisées pour le réseau anglais seraient soit des lampes de quartz estimées chacune à 60 livres (en gros 3.000 frs), soit des lampes de verre estimées chacune à 15 livres (en gros 750 frs) ; la durée d'une lampe de quartz est, il est vrai, environ quatre fois plus grande que celle d'une lampe de verre.

Pour ce qui est du rendement, la valeur théorique $\frac{1}{2}$ pourrait être sérieusement augmentée, à condition de ne pas faire rendre au matériel son maximum de puissance, la puissance volumique serait naturellement inférieure, ce qui n'aurait pas grande importance pour un poste fixe. Nous signalerons en dernier lieu que la technique des lampes se développe rapidement, en Angleterre et en Amérique (1) surtout ; pour les postes de moyenne puissance,

(1) Lampe de 10 Kws antenne et plus de la W. E. C.



il se pourrait très bien qu'elle soit amenée à détrôner les autres générateurs actuellement utilisés (1).

VIII. — Organisation de la station d'émission.

Nous venons de déterminer le matériel d'émission : nous avons choisi plusieurs alternateurs haute fréquence, pouvant être couplés en parallèle et travailler soit en duplex, soit en simplex.

La possibilité que nous avons de découper en tranches la puissance haute fréquence, tranches qui peuvent être additionnées et dont on peut faire varier la valeur d'une façon continue en prenant des excitations différentes, nous permet de réduire au strict minimum le nombre de tranches de secours. Il est maintenant très facile de déterminer les caractéristiques des convertisseurs d'alimentation des groupes haute fréquence ; ces convertisseurs eux-mêmes absorbent une énergie au réseau de distribution de courant alternatif. Connaissant les rendements des convertisseurs, des transformateurs, il est possible de calculer les sections convenables des conducteurs et de préciser la nature des divers appareils (appareils de protection, disjoncteurs, interrupteurs, etc...). On doit naturellement ajouter à la puissance absorbée pour la fabrication de la haute fréquence, celle qui est demandée pour tous les services accessoires : éclairage de la station en courant alternatif — groupe d'alimentation d'une batterie d'accumulateurs servant principalement pour l'éclairage de secours — atelier de réparations, etc...

Usine de secours. — En cas de panne, de grève, il est bon de prévoir une source d'énergie de secours ; ce doit être une petite centrale électrique dont la puissance a été déterminée ci-dessus ; cette centrale de secours doit être en mesure de remplacer à tout instant et immédiatement le secteur en défaillance : sa mise en marche doit être rapide ; on utilise habituellement des moteurs Diesel entraînant les génératrices à courant continu.

---

(1) Il nous a été possible de voir des lampes anglaises en quartz fournissant une puissance de 5 Kw antenne, vendues en France 7.000 frs, d'une durée pouvant atteindre 2.000 heures et dont le filament peut être remplacé plusieurs fois.



Vue d'ensemble d'une station d'émission. — On trouve en général un certain nombre de bâtiments dont les principaux sont :

1° *Un poste de transformation* de préférence isolé présentant d'un côté en aérien ou souterrain l'arrivée haute tension, de l'autre le départ en câbles en tranchée de l'énergie transformée en basse tension vers le bâtiment principal.

2° *Le bâtiment principal* comprenant en général :

Une salle des machines où sont rassemblées toutes les machines d'alimentation.

Une salle des appareils de haute fréquence qui peut être confondue avec la salle précédente dans le cas d'emploi d'alternateur haute fréquence.

Une salle pour la self d'antenne d'où part la montée vers l'antenne.

Une pièce pour le chef de quart.

Pièces pour les services accessoires disposés en général sur la façade, etc...

3° Usine de secours tout à proximité du bâtiment central.

4° L'atelier.

5° Logement du personnel, etc... etc...

Nous ne prétendons pas dans ces quelques lignes donner une description précise d'un grand poste ; nous nous bornons tout simplement à montrer les services principaux qui y sont assurés.

IX. — Personnel du poste d'émission.

Comme dans toute centrale électrique le personnel est très peu nombreux : trente personnes suffisent à assurer le fonctionnement d'un très grand poste d'émission.

Ce personnel est presque entièrement technique ; on y trouve des chefs de quart, en relation directe avec le B.C.R., des électriciens pour la manœuvre des machines, des mécaniciens pour les réparations urgentes qui doivent être exécutées, 1 ou 2 gabiers pour la surveillance et l'entretien des pylônes. Le poste de transfor-

mations en communication téléphonique directe avec l'usine d'alimentation est surveillé par un électricien.

X. — Centre d'écoute.

De la qualité de la réception dépendra en grande partie le bon fonctionnement des communications ; aussi il faut tout faire pour l'améliorer. La station de réception comprendra un certain nombre de bâtiments d'écoute, suffisamment éloignés les uns des autres pour ne pas s'influencer ; chacun d'eux est autant que possible spécialisé à la réception d'un correspondant. Le matériel utilisé répond à certaines conditions, les unes faciles à obtenir, les autres plus délicates : 1° n'étant pas limité par l'espace, on peut choisir des organes, et en particulier des cadres de grandes dimensions ; 2° on doit tout mettre en œuvre pour obtenir, une sélection optima et une protection contre les atmosphériques. On utilise des systèmes antiparasites et l'on cherche à éliminer toute perturbation à la suite des transformations de l'énergie captée.

Système différentiel à haute fréquence, système différentiel à basse fréquence, sélection mécanique, sélection acoustique, etc...

On complique assurément les réglages à effectuer, mais chaque poste n'écoute qu'un seul correspondant, ce réglage étant fait une fois pour toutes, seules de faibles retouches sont à exécuter dans la suite.

L'une des qualités de l'appareil est de conserver une constance de réglage aussi bonne que possible. Les signaux reçus sont renvoyés directement au B.C.R, soit sous forme de courants téléphoniques après détection, soit sous forme de courants télégraphiques après double détection de la haute fréquence et des courants téléphoniques ; il nous semble préférable d'envoyer toujours les courants téléphoniques, reçus à l'oreille au B.C.R. pour les faibles vitesses et dans les périodes parasiteuses, sur un ondulateur ou mieux un imprimeur après détection des courants téléphoniques pour les fortes vitesses.

Le personnel du centre d'écoute est relativement assez réduit ; à chaque écoute un agent en permanence suffit pour le réglage

des appareils et le contrôle des signaux envoyés vers le B.C.R. En dehors des bâtiments d'écoute un pavillon central est destiné à recevoir les différents services de la station ; logement du chef de service, laboratoire, etc. Enfin il faut disposer des sources de charge, des accumulateurs nécessaires aux écoutes : à ce point de vue il semble qu'il serait possible, du moins pour les plaques des amplificateurs de remplacer les accumulateurs de 40 volts qui nécessitent de nombreuses charges et s'usent très rapidement par des batteries de piles dont la durée est considérable, le prix de revient 4 ou 5 fois plus faible et le matériel récupérable à tout instant.

XI. — Bureau central radio.

Le bureau central radio est le cerveau qui dirige l'ensemble du Centre Radiotélégraphique. On y trouve plusieurs services entre lesquels existent des communications aussi directes que possible.

1° *Service de communications entre le B.C.R. et le Central Télégraphique.* — Pour transporter au B. C. R. les dépêches à transmettre par voie radio et recueillies par le réseau général des fils, pour acheminer vers leur destination définitive par fil les télégrammes captés au centre d'écoute, des liaisons très rapides sont nécessaires entre le B.C.R. et le Central Télégraphique ; l'utilisation d'appareils quadruples Baudot est tout indiquée ; le quadruple permettra un trafic de 3.000 mots dans les deux sens par heure. On peut aussi envisager dans une grande ville l'utilisation de tubes pneumatiques.

2° *Service de manipulation à la station d'émission.* — Là on trouve : a) *les appareils télégraphiques* envoyant les courants destinés à actionner les relais de la station d'émission ; b) les appareils *de contrôle de l'émission*, qui permettent de vérifier la qualité des signaux émis par le poste d'émission. A cet effet on pourrait disposer d'une réception radio de faibles dimensions, placée dans la salle même de manipulation, et répétant, sur haut parleur pour les faibles vitesses, par inscription mécanique pour les

grandes vitesses les signaux émis. Cependant il semble désirable de ne recevoir au B. C. R. que des courants télégraphiques ou téléphoniques ; même ainsi les dangers d'induction mutuelle sont assez considérables pour ne pas y mélanger des courants de haute fréquence. Aussi, vu la proximité de la station d'émission il serait possible d'utiliser sans dépenses trop fortes un fil pour ramener au B.C.R. les courants de contrôle sous forme de courants télégraphiques ; un cadre disposé au poste d'émission reçoit de l'antenne une énergie facilement suffisante pour faire fonctionner un relais télégraphique, et envoyer aussi vers le B.C.R. les signaux émis sous forme de courants télégraphiques. L'importance de ce contrôle est très diminuée si la conversation entre les deux centres Radio se fait avec une grande rapidité. Néanmoins nous croyons son maintien indispensable. Les appareils de manipulation sont en général des appareils automatiques transmetteurs Creed, transmetteurs Kleinschmidt dont les vitesses de transmission peuvent atteindre 200 mots par minute ; ces appareils nécessitent au préalable la préparation d'une bande perforée sur laquelle est inscrit le texte des télégrammes à émettre, le passage de cette bande dans le transmetteur, à une vitesse facilement réglable, provoque l'envoi sur la ligne de manipulation des courants destinés à actionner les relais du poste d'émission ; la perforation des bandes est actuellement effectuée au moyen des perforatrices Kleinschmidt. Ces machines possèdent un clavier analogue à celui d'une machine à écrire, le fait d'appuyer sur une des touches produit l'impression sur la bande de la lettre inscrite ainsi que l'avancement du papier. Nous reviendrons d'ailleurs plus loin sur les différents systèmes de manipulation qui pourraient être utilisés.

3° *Service de réception des écoutes.* — Les courants venant directement des différentes écoutes arrivent dans une salle où il est possible, soit de les recevoir à l'oreille pour les faibles vitesses et dans les périodes parasiteuses, soit de les détecter et de les envoyer actionner un ondulateur ou un récepteur Creed. Les courants reçus au récepteur Creed produisent la perforation d'une bande identique à celle introduite dans le transmetteur. Au poste récepteur le passage de cette bande perforée à l'impri-

meur Creed occasionne l'impression des lettres correspondantes sur une nouvelle bande.

Voici les grandes lignes de l'installation du B. C. R. Pour l'instant nous ne donnerons pas de renseignements plus précis sur la disposition relative des différents services. De la nature du mode d'exploitation adopté dépend le choix de l'organisation intérieure. On peut signaler cependant que les différents services entre lesquels les liaisons intimes doivent exister sont aussi rapprochés que possible les uns des autres et reliés par des moyens très rapides (réseau pneumatique intérieur). Les distances franchies par les divers télégrammes entre deux points du B. C. R. sont donc très courtes et ne nécessitent que des mouvements de faible envergure de la part des agents qui manipulent. Des liaisons absolument directes à l'intérieur du B. C. R. sont établies :

1° Liaisons salle du Baudot, salle des transmetteurs,

2° Liaisons salle du Baudot, salle de réception des écoutes,

3° Liaisons salle des transmetteurs, salle de réception des écoutes.

Nous préciserons un peu plus loin tout ceci.

XII. — Liaison entre les différents organes — Central télégraphique — B. C. R. — Poste d'émission — Poste d'écoute.

Nous voulons parler des liaisons extérieures à chacun de ces organes ; leur utilité n'est pas à démontrer ; ces liaisons doivent présenter toutes les qualités techniques, tant au point de vue mécanique qu'au point de vue électrique. Les différents courants à transporter sont soit des courants télégraphiques, soit des courants téléphoniques. En ce qui concerne ces derniers, les conducteurs utilisés doivent être particulièrement étudiés au point de vue de la distorsion, de l'affaiblissement et des phénomènes d'induction.

Pour les faibles distances à considérer, il n'est pas nécessaire de les pupiniser ; voici donc ces différentes liaisons :

1° *Liaison B. C. R. — Central télégraphique.* — Transport

du courant télégraphique par câbles souterrains dans les grandes villes, par câbles aériens ou fils aériens dans d'autres cas.

2° *Liaison B. C. R. — Poste d'émission :*

a) Communications téléphoniques entre les agents manipulants du B.C.R. et les agents techniques de la salle des machines du poste d'émission ;

b) Communications pour la commande à distance des manipulations, signaux télégraphiques Morse pouvant aller avec les manipulations automatiques rapides jusqu'à 200 mots par minute. L'intensité de ces courants atteint une quinzaine de milliampères.

3° *Liaison B.C.R. — Centre d'écoute* ; elle comporte :

a) des circuits destinés au transport direct des signaux venant des différentes écoutes, sous formes de courants téléphoniques de fréquences comprises entre 1.000 et 2.000 périodes par seconde. L'intensité de ces courants reste inférieure à 10 milliampères.

b) Communications téléphoniques directes entre agents B. C. R. et opérateurs du centre d'écoute.

Pour répondre aux différentes conditions mécaniques et électriques il y a avantage à utiliser des câbles à nombreux conducteurs placés en égouts à travers les grandes villes, en tranchées dans les traversées de localités et en aérien, supportés par un câble porteur et protégés par enveloppe de plomb, sur le reste du parcours.

L'utilisation de ces câbles en aérien n'est pas nouvelle : il en existe aux environs de Paris, en d'autres villes aussi (Saint-Nazaire, placés par les Américains) : elle ne fera que se développer pour les communications, particulièrement téléphoniques, à très grande distance. Un câble à 14 paires entre le B.C.R. et le centre d'écoute, un autre câble identique entre le B.C.R. et le centre d'émission suffisent en général pour les communications précitées. Les sections des conducteurs doivent être largement prévues surtout pour les conducteurs ramenant les signaux captés à la station de réception. Leur affaiblissement pourrait être assez fort par suite de la fréquence élevée (2.000)

des courants transmis. D'ailleurs les caractéristiques de ces conducteurs dépendent des distances ; l'affaiblissement doit être inférieur à 3, la distorsion nulle et les circuits fortement anti-inductés. Il peut être utile de combiner les circuits B.C.R. — poste d'émission.

XIII. — Considérations générales sur l'exploitation d'un centre radioélectrique de grande puissance commerciale.

Jusqu'à présent nous n'avons pas tenu compte d'un facteur d'une importance considérable dans le rendement du centre radioélectrique. Nous voulons parler de l'exploitation de ce centre. La technique ayant permis la construction du centre, c'est l'exploitation qui dans la suite, la plupart du temps, dirige la technique dans ses recherches ; celle-ci cherche à satisfaire par tous ses moyens aux demandes du personnel exploitant : si elle le peut elle tâche de résoudre à l'avance les problèmes qu'il sera amené à lui poser. Dans ce paragraphe nous montrerons brièvement la complexité des questions à résoudre dans un centre radio, la relation intime qui doit exister entre la technique et l'exploitation, l'importance de détails qui, à première vue, pourraient paraître insignifiants.

Dans une exploitation radio on considère toujours deux sortes de communications :

1° Celles qui correspondent à la transmission du trafic ordinaire ;

2° Celles qui correspondent aux conversations entre centres radios d'une part et à l'intérieur de chaque centre radio d'autre part.

Les méthodes d'exploitation à adopter sont différentes suivant certaines conditions dont les principales sont :

1° Nombre de correspondants.

2° Intensité du trafic avec chacun d'eux.

3° Rapidité de la manipulation.

4° Nature des appareils récepteurs.

5° Installation technique du poste d'émission suivant que sa

puissance est réglable à volonté, suivant qu'il permet un fonctionnement en simplex ou en diplex.

Nous supposerons que les appareils de manipulation sont des appareils automatiques utilisant le code Morse et pour préciser nous admettrons l'emploi de transmetteurs Creed à l'émission et de récepteurs imprimeurs Creed à la réception ; nous étudierons d'ailleurs plus loin la comparaison entre ces appareils automatiques et les appareils multiples du genre Baudot.

1er cas. — Un seul correspondant à trafic intense dans les deux sens à la vitesse de 20 mots minute — réception à l'oreille — la puissance de la station d'émission est constante à tout moment.

C'est en gros le cas de la station de Croix d'Hins dont le correspondant principal est l'Amérique. Nous supposerons établies les liaisons directes indiquées plus haut entre les différents organes du centre radio.

La condition de trafic intense dans les deux sens entraîne l'existence d'une écoute permanente aux postes de réception : à Villejuif un agent écoute à tout moment le poste d'émission du correspondant de Croix d'Hins dont l'indicatif est : W.S.O. ; de même, en Amérique, un agent en permanence écoute les émissions de Croix d'Hins dont l'indicatif est : L. Y. Suivons un télégramme, venant de Nancy par exemple, et à destination de San-Francisco. Ce télégramme noté « voie radio », transmis par fil au central télégraphique de Paris, de là par tube ou par Baudot au B. C. R., y est dirigé de suite à la salle de manipulation de Croix d'Hins Numéroté suivant son rang d'arrivée (le numérotage reprend au début de chaque semaine), il est perforé à la suite des télégrammes arrivés avant lui ; alors deux cas peuvent se présenter :

1° la perforation étant faite la station d'émission est en marche et une bande se déroule sur le transmetteur ; auquel cas cette dernière étant arrivée à la fin de sa course la nouvelle bande sur laquelle est inscrit notre télégramme est placée à la suite sur le transmetteur ;

2° le télégramme venant du central télégraphique est le premier à arriver à la suite d'une interruption du trafic. Comme il

est impossible sans obtenir des dépenses exagérées d'énergie de maintenir la station d'émission toujours en état de marche ; comme d'autre part cette dépense d'énergie serait elle-même très forte, si pour chaque télégramme arrivant on demandait la mise en marche (quelques minutes) on sacrifie un peu la vitesse de transmission du télégramme, et l'on attend que le trafic en attente soit suffisamment élevé pour permettre un fonctionnement assez long du poste d'émission. Pendant la perforation, la conversation s'engage soit par télégraphe dans le cas de Croix d'Hins, soit par téléphone pour une station d'émission rapprochée, entre les agents de manipulation et les agents techniques du poste d'émission : « Mettez en marche » ; pendant le temps de cette mise en marche la perforation s'achève ; sur le cadre de contrôle on perçoit le sifflement caractéristique de la mise en marche de l'arc. La bande perforée est alors présentée au transmetteur et les émissions commencent sous la forme suivante :

W. S. O. de L. Y. — W. S. O. de L. Y. — 521 — 18 — premier télégramme — 532 — 15 — 2e télégramme, etc... etc... ; 2 appels W. S. O. de L. Y. suffisent pour attirer l'attention du poste d'écoute américain ; 533 est le numéro du télégramme, 18 le nombre de mots de ce même télégramme. Si le correspondant américain reçoit bien il n'envoie aucun signal : le fait qu'il ne dit rien signifie que sa réception est parfaite. Supposons qu'un télégramme, le numéro 533 par exemple, ait été mal reçu au poste américain ; celui-ci par l'intermédiaire du poste d'émission prévient la station de Villejuif (1) « n° 533 mauvais » ; l'agent d'écoute de Villejuif possède à disposition immédiate de sa main un manipulateur Morse actionnant un Sounder dans la salle de manipulation : il signale aussitôt la mauvaise réception par les Américains du n° 533 ; alors pendant que la bande continue à se dérouler le n° 533 est à nouveau perforé et introduit à la suite de la bande précédente ; si cette dernière est trop longue, le nombre de transmetteurs, qui par un jeu rapide de commutateur peuvent l'un ou l'autre être mis sur la ligne de manipulation, étant

---

(1) On utilise évidemment des signaux courts conventionnels.

de deux, le n° 533 est placé sur le deuxième transmetteur, en faisant jouer le commutateur précédent on transmet ce télégramme au milieu de l'autre bande et l'on repasse sur le transmetteur n° 1 dès que le n° 533 a été manipulé.

Réciproquement les indications précédentes permettent de deviner les conversations qui s'engagent dans le cas où un télégramme émis par W. S. O. serait mal reçu à Villejuif.

2e cas. — Nombreux correspondants — trafic total fort — faible avec chacun des correspondants — vitesse 20 mots minute — réception à l'oreille. — La puissance de la station d'émission est constante — fonctionnement en simplex.

C'est en gros le cas de la station de la Tour Eiffel (F. L.) qui outre son trafic principal militaire, scientifique, prête son énergie haute fréquence pour des communications commerciales avec de nombreux correspondants européens. Alors on sacrifie un peu la vitesse de transmission des télégrammes à des raisons d'ordre économique ; si, comme dans le cas d'un seul correspondant, on transmettait le télégramme dès son arrivée, cela nécessiterait :

1° une station d'émission en position de marche continue : d'où dépense considérable d'énergie surtout si l'on utilise un arc sans dispositif supprimant l'onde de compensation ;

2° une écoute permanente au poste de réception du correspondant.

Ces deux raisons d'ordre économique militent en faveur d'un autre mode d'exploitation, celui des vacations autrement dit des transmissions à des heures fixes convenues à l'avance. Les différentes vacations attribuées à chaque correspondant sont choisies :

1° d'après l'intensité du trafic avec chacun d'eux ;

2° d'après les heures d'arrivée de ce trafic ;

3° d'après les conditions atmosphériques de bonnes communications.

Il peut y avoir avantage à attribuer à la même communication un nombre de vacations suffisamment fort, afin de pallier à l'attente des télégrammes. On se rend compte de l'impossibilité

de fixer des règles absolues ; l'horaire des vacations est modelé d'après certaines conditions journalières : conditions techniques, commerciales, fortuites ; l'exploitation doit alors présenter une grande souplesse.

Entre les deux cas extrêmes précédents on a souvent à étudier des cas intermédiaires : c'est ainsi que la station de Croix d'Hins en dehors de son correspondant principal l'Amérique effectue un trafic avec un grand nombre de petits correspondants : Tananarive, Rufisque, Shanghaï, Cayenne, etc... etc...

Pour le trafic principal, une écoute permanente est établie et la transmission des dépêches s'effectue à toute heure, en dehors de celles attribuées aux vacations pour les autres correspondants secondaires ; nous signalerons que les accusés de réception pour ces autres correspondants arrivent par câbles, en attendant la construction de puissantes stations de T.S.F. dont certaines sont déjà commencées (1).

3e cas. — Un seul correspondant — trafic intense dans les deux sens à grande vitesse (supérieure à 25 mots minute) — réception à l'imprimeur ou à l'ondulateur. — La puissance de la station d'émission est constante et son fonctionnement simplex.

Ici les difficultés d'exploitation commencent à s'accroître et les avantages de la grande vitesse ne se font vraiment sentir que si la manipulation dépasse sérieusement celle qui permet l'écoute à l'oreille (20 mots minute). Supposons donc un trafic à 40 mots minutes par exemple, avec un seul correspondant. L'oreille ne peut plus recevoir les signaux transmis à cette vitesse : si la conversation est elle-même effectuée à 40 mots par minute, comme elle est mélangée avec les signaux ordinaires il faut attendre le passage à l'imprimeur ou la lecture de la bande de l'ondulateur, avant d'obéir au signal de conversation reçu du correspondant ; il s'agit par conséquent de séparer, par n'importe quelle méthode, les signaux de conversation du trafic ordinaire. De nombreux moyens peuvent être envisagés ; ainsi que nous le disions plus

(1) Un accusé de réception venant par câble met au maximum 12 heures pour Rufisque, 24 heures pour Tananarive.



haut l'exploitation pose un problème à la technique; on peut considérer l'emploi de signaux tout à fait caractéristiques, attirant l'attention (1) immédiate de celui qui surveille les bandes de l'ondulateur ou de l'imprimeur. On pourrait examiner la méthode consistant à effectuer toutes les conversations à une vitesse auditive; nous trouverions alors au B.C.R. d'émission :

1° des transmetteurs pour le trafic ordinaire;

2° un manipulateur tout à proximité, permettant à l'agent de substituer sa propre manipulation à la vitesse de 20 mots minute par exemple à celle du transmetteur; le simple fait d'appuyer sur le manipulateur suffirait à arrêter le transmetteur et à le couper de la ligne de manipulation ;

3° à la réception, un agent placé en dérivation sur la ligne qui ramène les courants téléphoniques de réception vers le B C.R.; cet agent serait destiné à trier les signaux de conversation à vitesse lente parmi les signaux à grande vitesse qu'il ne peut suivre. Cet agent pourrait être celui même chargé du réglage du poste d'écoute, mis en communication directe avec ceux qui manipulent le poste d'émission.

On pourrait songer aussi à effectuer les conversations sur une longueur d'onde différente; une écoute spéciale serait spécialisée à leur réception.

4° *Cas. — Plusieurs correspondants — trafic intense avec chacun d'eux à grande vitesse (40 mots par exemple) — réception à l'imprimeur ou à l'ondulateur — puissance de la station d'émission constante et fonctionnement en simplex.*

Il est possible de considérer plusieurs modes d'exploitation :

1° *Système des vacations*, chaque correspondant ayant ses heures particulières ; nous pensons qu'un trafic commercial intense avec de nombreux correspondants tous importants, ne peut se contenter de cette méthode d'exploitation.

2° *Système des transmissions immédiates des télégrammes.* — Chacun des correspondants fait une écoute permanente afin de

(1) On utilise un appareil fonctionnant pour un signal conventionnel (teleducteur Dunnoyer p. ex.).



trier les télégrammes qui lui appartiennent. Nous supposons alors que les conversations s'effectuent à la vitesse de 20 mots; l'agent d'écoute entendant son indicatif dispose les appareils d'inscription à grande vitesse en état de réception. D'un autre côté le centre de réception comprendra un certain nombre d'écoutes, chacune d'elles spécialisée à la réception d'un correspondant qui travaille sur sa longueur d'onde particulière. Les signaux de conversation captés par chaque écoute sont transmis à la salle de manipulation unique. Nous y trouvons les différents organes suivants :

1° un transmetteur en fonctionnement continu dans la salle de manipulation ;

2° les liaisons directes entre agents surveillant les signaux de conversation reçus sur chaque écoute avec les agents de manipulation ;

3° liaison directe entre agent de réception des signaux à grande vitesse et agent de manipulation ;

5° *Cas. — Plusieurs correspondants — trafic intense avec chacun d'eux à grande vitesse* (40 mots par exemple) *— réception à l'imprimeur ou à l'ondulateur — la puissance de la station d'émission peut être dosée suivant les nécessités — la station peut fonctionner sur toute l'antenne en simplex ou en diplex sur les deux demi-antenne.*

La station correspond par exemple à celle décrite ci-dessus où nous envisageons l'emploi d'alternateurs à haute fréquence dont le couplage en parallèle est supposé possible. Nous avons vu les avantages considérables au point de vue technique des alternateurs haute fréquence, et particulièrement ceux qui proviennent de la possibilité du couplage en parallèle et du fonctionnement en diplex ; nous verrons maintenant la contre-partie; nous avons introduit dans l'exploitation des difficultés non négligeables; les conversations entre centre radiotélégraphiques qui engendrent les conversations à l'intérieur de chaque centre nécessitent une dépense d'énergie qui peut devenir assez forte, surtout si l'on effectue à l'oreille la réception de signaux de service.

Nous ne nous engagerons pas dans l'étude très complexe de

l'exploitation d'une semblable organisation, nous n'avons pas eu à la considérer dans nos services. L'expérience seule permettra d'estimer les avantages d'une telle installation. Nous trouverons les différents organes et les différentes liaisons suivantes :

1° Écoutes spécialisées chacune à un correspondant ;

2° 2 salles de manipulation permettant le fonctionnement en diplex ;

3° dans le cas du fonctionnement en simplex, l'une des salles de manipulation servira seule à la transmission du trafic ;

4° liaison directe entre chaque écoute et suivant le cas l'une ou l'autre salle de manipulation ;

5° liaison directe entre les deux salles de manipulation ;

6° liaison directe entre les deux salles de manipulation et le chef de quart du poste d'émission ;

7° liaison directe entre les deux salles de manipulation et la salle des Baudot du B.C.R. etc... etc...

Dans ce domaine un peu complexe il est utile, sous peine d'établir un nombre de liaisons ou de circuits directs considérables, d'utiliser de nombreux meubles de commutation. En particulier les circuits de liaison entre le B.C.R. et les stations d'émission et de réception aboutissent à des standards permettant de les mettre à la disposition de tel ou tel service.

XIV. — Disposition intérieure du B.C.R.

Nous sommes maintenant en état d'étudier la disposition intérieure du B.C.R. A chacun des cas précédents correspondra une organisation intérieure particulière ; nous ne jugeons pas utile d'examiner les diverses installations correspondant à ces différents cas ; nous nous limiterons à celles prévues par l'Administration des P.T.T. pour un trafic à grande vitesse avec un correspondant unique. Dans une pièce on trouve :

Emission

2 transmetteurs Creed ou Kleinschmidt.

4 perforatrices pour les alimenter.

Les organes de contrôle de l'émission.

La liaison avec le poste d'émission.

La liaison avec la salle d'arrivée du trafic à transmettre et dans une pièce contiguë :

Réception

2 ondulateurs.

1 ou 2 récepteurs imprimeurs Creed.

La liaison avec le poste d'écoute.

La liaison avec la salle de départ du trafic.

La liaison entre agents manipulants et agents de réception est assurée par la proximité des deux pièces d'émission et de réception. Nous examinerons plus loin l'organisation employée dans le cas de plusieurs centres radioélectriques constituant le réseau français de l'administration des Postes et Télégraphes.

XV. — Comparaison entre appareils automatiques et multiples utilisée en T. S. F.

A certains points de vue nous pouvons comparer une communication Radio à une communication par fil ; nous trouvons dans les deux cas :

1° des appareils de commande de l'énergie destinée à mettre en mouvement les organes du poste récepteur,

2° la source d'énergie,

3° les appareils récepteurs.

Mais l'assimilation précitée est considérablement transformée par suite d'un certain nombre de facteurs inhérents au système radio ; contrairement à ce qui se passe sur les fils :

1° l'énergie et la fabrique d'énergie haute fréquence constituent la grosse dépense de la communication ; en comparant deux systèmes de manipulation nous n'aurons pas surtout en vue le rendement du personnel ou le rendement de la ligne, mais le rendement du poste d'émission ;

2° la ligne étant absente, tous les défauts qu'elle apporte aux communications, par suite de sa capacité, n'existent pas sur la communication par sans fil.

C'est ainsi, que les courants de repos utilisés sur les fils, et

qui, malgré tout absorbent une partie de temps qui pourrait être utilisé à la transmission d'autres signaux, ne sont pas à considérer. Une autre caractéristique est la suivante : au point de vue radio la vitesse de manipulation est jusqu'à présent limitée par la rapidité du fonctionnement du ou des relais qui court-circuitent les alternateurs ou une portion de self d'antenne dans le cas des arcs.

Nous nous proposons de faire une comparaison d'abord technique entre les appareils automatiques simples utilisant le code Morse, les appareils multiples et enfin les appareils automatiques multiples. Nous introduirons dans la suite des considérations d'exploitation et autres et de tout cet ensemble nous tâcherons de déduire une conclusion sur l'emploi possible de ces divers appareils. Rappelons donc succinctement les définitions de ces divers types d'appareils. D'après M. Montoriol nous appellerons :

« 1° Appareils à transmission automatique, ceux qui permettent d'écouler le travail préparé par plusieurs agents. Le type utilisé en T. S. F. est le Creed.

« 2° Appareils à transmissions multiples, ceux qui répartissent la ligne à des intervalles déterminés entre plusieurs agents manipulant. Type Baudot.

« 3° Appareils à transmission multiples automatiques : type Baudot avec perforatrice ».

La comparaison technique fera intervenir un grand nombre de facteurs.

1° *Influence des deux codes utilisés.*

Les automatiques Creed utilisent le code Morse, les multiples français le code Baudot. Voyons quelle est l'influence de cette différence de code sur le fonctionnement du centre radio.

Nous signalerons l'incertitude obtenue lorsque, en parlant d'un transmetteur, d'un récepteur ou en général d'un relais, on dit qu'il est capable de transmettre ou d'enregistrer un texte à la vitesse de *n* mots à la minute ; même si l'on adopte conventionnellement un mot (Paris par exemple) la vitesse d'inscription obtenue ne correspond pas du tout aux qualités du relais ;

CODE MORSE

a ·—	*i* ··	*r* ·—·	*1* ·————	*6* —····
b —···	*j* ·———	*s* ···	*2* ··———	*7* ——···
c —·—·	*k* —·—	*t* —	*3* ···——	*8* ———··
ch ————	*l* ·—··	*u* ··—	*4* ····—	*9* ————·
d —··	*m* ——	*v* ···—	*5* ·····	*0* —————
e ·	*n* —·	*w* ·——		
é ··—··	*o* ———	*x* —··—		
f ··—·	*p* ·——·	*y* —·——		
g ——·	*q* ——·—	*z* ——··		
h ····				

CODE BAUDOT

MANIPULATEUR BAUDOT

5	4	▨	▨	1	2	3
		A	1	●		
	●	B	8			●
	●	C	9	●		●
	●	D	0	●	●	●
		E	2		●	
		É	&	●	●	
	●	F	£		●	●
	●	G	7		●	
	●	H	h	●	●	
		I	º		●	●
	●	J	6	●		
●	●	K	(	●		
●	●	L	=	●	●	
●	●	M	)		●	
●	●	N	N°		●	●
		O	5	●	●	●

MANIPULATEUR BAUDOT

5	4	▨	▨	1	2	3
●	●	P	%	●	●	●
●	●	Q	/	●		●
●	●	R	—			●
●		S	;			●
●		T	!	●		●
		U	4	●		●
●		V	'	●	●	●
●		W	?		●	●
●		X	,		●	
		Y	3			●
●		Z	:	●	●	
●		t	.	●		
●	●	*	*			
	●	*Blanc des chiffres*				
●		*Blanc des lettres*				

celui-ci possède une inertie électrique (sa self induction) et une inertie mécanique. Il est caractérisé par la rapidité avec laquelle il se ferme et par celle avec laquelle il revient à sa position de repos (1). Expérimentalement, on pourrait chercher la durée minima de la rupture de cette force électromotrice constante nécessaire au retour à sa position d'équilibre ou du moins à la rupture du contact établi et la durée minima de l'établissement de cette f. e. m. nécessaire à la fermeture du relais (2).

Ce ou ces relais de manipulation limitent la vitesse de transmission du poste. Or, le nombre de mots transmis dans le même temps est essentiellement variable suivant que l'on utilise le code Morse ou le code Baudot. Ce dernier permet une utilisation beaucoup plus complète du ou des relais d'émission puisque, en admettant l'envoi d'un courant positif par le passage sur chaque contact on a une série de cinq émissions séparées par des coupures ; il suffit de choisir un rapport convenable entre le temps d'une émission (ou la longueur d'un contact) et le temps d'une séparation (intervalle entre deux contacts) pour ajuster au mieux la manipulation aux propriétés du relais d'émission. Désignons par t_1 le temps nécessaire à la fermeture du relais, t_2 l'intervalle entre deux signaux nécessaires à son ouverture. Les signaux adoptés par la Convention télégraphique et radiotélégraphique (Washington 1920) sont les suivants :

Si nous considérons l'alphabet total y compris les chiffres, en adoptant comme unité de temps la durée d'un point, le code Morse correspond à 365 unités de temps, soit en moyenne pour un signal $\frac{365}{37}$ = environ 10 ; mais nous devons tenir compte du fait que les lettres les plus usuelles de la langue fran-

(1) D'une manière plus précise il suffirait de connaître en fonction du temps le mouvement de la pièce mobile et l'intensité du courant à la fermeture et à l'ouverture du relais.

(2) On pourrait par exemple envoyer dans le relais un courant continu coupé à longs intervalles par des temps de plus en plus courts ; de même on pourrait envoyer à long intervalle dans le relais des courants de plus en plus courts. Le mieux serait de relever les courbes indiquées dans la première remarque.

çaise ne comportent guère une durée supérieure à 7. Pour un mot de cinq lettres nous aurons une durée de passage égale à :

$5 \times 7 + 4$ espaces entre lettres $+ 1$ espace avec le mot suivant, soit $35 + 12 + 5 = 52$.

Si nous supposons que la durée d'un point est égale à t_1 que t_1 est supérieur à t_2, la durée moyenne de passage d'un mot de cinq lettres est de : $52\ t_1$; le relais permet une manipulation à la vitesse de $\frac{60}{52 t_1}$ soit à peu près $\frac{1}{t_1}$.

Si nous considérons maintenant le code Baudot, la durée d'un signal est de $5 \times (t_1 + t_2)$; le passage d'un mot de cinq lettres dure $25\ (t_1 + t_2)$ et si l'on y ajoute l'intervalle entre deux mots, on arrive à un total de $30 \times (t_1 + t_2)$. Avec le relais de manipulation considéré, le code Baudot permet une vitesse de $\frac{60}{30 \times (t_1 + t_2)} = \frac{2}{t_1 + t_2}$. Comme t_2 est plus petit que t_1, la vitesse de manipulation au Baudot est plus rapide qu'un appareil à code Morse. Indépendamment de cette question, nous pouvons nous rendre compte que le code Baudot demande une dépense beaucoup plus faible d'énergie pour un même nombre de mots transmis ; avec l'arc et sans système de compensation ce résultat est déjà obtenu par suite des différences de vitesse de manipulation avec l'un et l'autre code ; si nous utilisons maintenant une machine d'émission (alternateur) n'absorbant pas d'énergie dans l'intervalle des signaux nous trouvons que pour transmettre une fois l'alphabet Morse (sans les chiffres) il faut un temps égal à $303\,t_1$ et pour le Baudot $27 \times 5 \times (t_1 + t_2)$, soit $135\ (t_1 + t_2)$. Pour ce qui est des énergies dépensées le code Morse nécessite une dépense d'énergie $164\ t_1 \times$ (Puissance poste d'émission) et le Baudot $74\ t_1 \times$ (Puissance d'émission). Nous voyons par cela la différence considérable d'énergie dépensée, due uniquement au code utilisé.

En réalité le code Baudot lui-même n'est pas le plus parfait parmi ceux qui pourraient être utilisés en T. S. F. ; c'est ainsi que les lettres *x*, *y*, *z* correspondent respectivement à deux, une et trois émissions, alors que la lettre *b* correspond à cinq, les lettres *l*, *d*, *n* à quatre émissions.

Les considérations précédentes sont un peu simplistes, car elles ne font pas intervenir la déformation des signaux provoqués par les différents organes intermédiaires ; nous pouvons supposer d'abord que notre transmetteur à code Morse met en ligne une force électromotrice constante, à des intervalles qui correspondent exactement aux signaux Morse conventionnels. Nous pouvons supposer que, la ligne étant courte le relais télégraphique suit fidèlement les signaux du transmetteur ; mais ce relais met en mouvement d'autres relais beaucoup plus importants de la station du poste d'émission qui produisent une déformation relativement forte ; le mouvement du relais ne correspond nullement à celui du transmetteur et il est probable que les points sont alors raccourcis par rapport aux traits. D'un autre côté, si la manipulation est très rapide on doit tenir compte du temps nécessaire à l'établissement du courant dans l'antenne d'émission ; enfin le signal émis par l'antenne est reçu par un poste de réception qui constitue en gros un double relais avec inertie électrique (constante de temps du cadre) et inertie mécanique (pour le relais mécanique inscripteur).

Ainsi, en partant d'un transmetteur envoyant des signaux Morse conventionnels, le relais mécanique de réception fournit un mouvement qui peut sérieusement en différer, et d'autant plus que la vitesse de manipulation est plus rapide.

Il serait ainsi possible de pousser plus à fond la comparaison entre les deux codes ; nous nous contenterons de ce que nous avons dit plus haut et nous conclurons en soulignant l'avantage du code Baudot sur le code Morse ainsi que la possibilité de trouver un code encore supérieur pour la T. S. F. au code Baudot.

En dehors de ce premier avantage, les causes de supériorité du Baudot sur les appareils automatiques persistent en T. S. F. bien que très atténués.

Nous ne pouvons rien citer de mieux au point de vue comparaison sur fil entre ces appareils qu'un extrait du livre de M. Montoriol : (Page 594) « Appareils et installations télégraphiques » (1). Nous lisons :

(1) « Appareils et installations télégraphiques », par M. E. Montoriol, de la

« Dans les systèmes automatiques simples, la composition préalable permet d'alimenter au maximum les lignes à grand trafic; il suffit de préposer, à cet effet, un nombre suffisant d'opérateurs pour que l'appareil transmetteur ne chôme jamais ; d'un autre côté, la transmission automatique simple présente l'inconvénient de retarder sensiblement l'acheminement des télégrammes, par comparaison avec les autres systèmes. Voici, en effet, les étapes que chacun d'eux doit suivre :

1° On le perfore. Cette opération se fait par séries de cinq ou dix télégrammes, de sorte que le premier attend nécessairement la terminaison du dernier, avant de pouvoir être remis au « dirigeur » chargé d'alimenter le transmetteur automatique.

2° La série perforée attend son tour de transmission ; ce temps peut être assez long si la ligne n'est pas exploitée en duplex, et si la série est remise pendant que le poste reçoit.

3° Elle est engagée dans le transmetteur.

4° Une fois reçue à l'autre poste, elle est détachée, enregistrée, et attend son tour de traduction (cas de Wheatstone, où la traduction est faite manuellement). Ce délai peut, il est vrai, être abrégé si l'on dispose d'un nombre d'employés suffisant pour qu'on en trouve toujours un de disponible, au moment où la série est reçue ; mais, dans ce cas, le rendement moyen des agents transcripteurs se trouve sensiblement diminué.

« Le temps qui s'écoule, entre la perforation au départ et la transcription à l'arrivée, et qui, dans les conditions les plus favorables, n'est pas inférieur à vingt minutes, constitue ce qu'on pourrait appeler le retard normal, subi par tout télégramme arrivant sans encombre.

« Mais si une altération quelconque vient à être constatée, qu'elle provienne d'une fausse touche du dactylographe ou de la lecture incorrecte d'un texte mal écrit, ou bien encore qu'elle ait pour cause une défaillance de l'appareil ou de la ligne, le « retard normal » se trouve considérablement aggravé : la

---

demande de rectification doit suivre toute la filière indiquée pour les télégrammes. Lorsqu'elle est parvenue à l'autre poste et remise au dactylographe intéressé, celui-ci a déjà perforé bon nombre d'autres séries, parmi lesquelles il faut rechercher la copie à rectifier, d'où une nouvelle perte de temps. Lorsqu'il l'a trouvée, la répétition du passage tronqué reprend le même chemin en sens inverse ; bref, on peut dire que tout télégramme incidenté est un télégramme sacrifié, même si l'on excepte le cas de malentendu toujours possible, résultant de demandes ou de réponses trop abrégées, par exemple. Dans ce dernier cas, il n'est pas rare que les deux dirigeurs correspondants doivent suspendre la transmission automatique et s'entendre, à l'aide du manipulateur manuel, pour liquider une situation embrouillée, ce qui arrête complètement le trafic et déprécie d'autant le rendement moyen de la ligne et des agents.

« Le retard normal est un peu diminué lorsqu'on travaille en duplex, en ce sens que les télégrammes à transmettre et les rectifications n'ont pas à attendre qu'on ait fini de recevoir ; quoi qu'il en soit, si l'on veut, non pas supprimer mais seulement atténuer les retards, on doit, comme il a été dit plus haut, augmenter le nombre des opérateurs et surtout créer des postes spéciaux pour la recherche des rectifications, d'où une diminution sensible du rendement individuel moyen et une exploitation plus onéreuse.

« Au Baudot, avec la transmission manuelle, la lettre manipulée est aussitôt imprimée au poste correspondant et le retard normal se trouve absolument nul ; avec la transmission automatique par secteurs, il demeure à peu près négligeable, car il n'y a pas de tour de rôle pour transmettre ; de plus, il n'est pas nécessaire d'attendre qu'une série entière soit perforée pour engager la bande dans le transmetteur automatique : elle peut y être introduite dès qu'elle atteint une longueur de 40 à 50 centimètres, c'est-à-dire après une ou deux minutes ; et, comme un dactylographe frappe toujours plus de trois lettres et demie par seconde (vitesse des balais à 210 tours) il prend de l'avance sur l'appareil, qui se trouve ainsi constamment alimenté. A l'arrivée, le retard normal devient nul, la réception ayant lieu dans les mêmes conditions qu'avec la transmission manuelle.

Les secteurs Baudot sont groupés par paires, comprenant chacune une transmission et une réception : les demandes de rectifications sont comprises entre deux télégrammes et arrivent immédiatement à l'agent transmetteur de l'autre poste ; elles concernent donc toujours un télégramme de la série en cours ou l'un des derniers de celle qui vient d'être terminée, et les pertes de temps sont réduites au minimum ; enfin, les désaccords ou malentendus, s'il vient à s'en produire, sont réglés directement par les intéressés, ce qui en abrège considérablement la durée ».

Telles sont les raisons de supériorité du Baudot sur les automatiques dans les communications par fil.

Or, déjà en T. S. F. le fonctionnement a toujours lieu en duplex ; d'autre part il nous est possible d'augmenter le nombre d'agents sans créer une dépense supplémentaire importante par rapport à celles du poste d'émission. Enfin le retard normal est nécessité lui-même, la plupart du temps, par la nature de l'exploitation radio : pour un poste de très forte puissance, l'énergie dépensée devant être minima, la mise en marche des machines d'émission ne doit être opérée que si le trafic accumulé est suffisant pour alimenter pendant un certain temps l'émission. Ce retard au départ des télégrammes existe donc en T. S. F. quels que soient les appareils de manipulation utilisés. Pour un poste de faible puissance (quelques kilowatts) à trafic intense, où la rapidité de communications est la condition primordiale (exemple Paris-Londres) le Baudot présenterait incontestablement un avantage considérable, le synchronisme étant lui-même relativement facile à établir.

Le contrôle de la perforation des bandes et par conséquent des émissions serait facile à exécuter ; il suffirait de munir les perforations d'un système, imprimant sous les yeux de l'opérateur le texte réellement perforé de la bande ; de même pour les faibles vitesses le contrôle acoustique des émissions est possible avec les automatiques, impossible avec un Baudot ; pour les fortes vitesses, ce système de contrôle des émissions apparaît, à première vue, sous une forme autrement commode (magnéto oscillographe Abraham par exemple) dans l'emploi de l'automatique.

En définitive, pour les puissantes stations, les appareils automatiques peuvent donner en exploitation un fonctionnement équivalent à celui du Baudot, à condition d'augmenter le nombre des agents dans le cas d'un service intense à grande vitesse. Ce petit inconvénient nous semble négligeable comparé à d'autres avantages :

En premier lieu, le Baudot supprime toute écoute à l'oreille ; à une époque où encore les 9/10 au moins du trafic sont reçus à l'oreille cette considération présente une grande importance ; en second lieu (si nous ne tenons pas compte du réseau intérieur), la T. S. F. constitue un organe de communications internationales ; une entente est nécessaire avec les autres pays pour l'emploi du code Baudot ; il se produirait par l'emploi des multiples une sorte d'entrave au principe de l'intercommunication.

Enfin, le principal argument contre l'emploi du Baudot en T. S. F. pour des postes de très forte puissance est celui qui découle de la nécessité d'introduire la condition du synchronisme ; loin de nous l'idée de prétendre l'impossibilité de maintenir cette condition ; nous ne faisons que contester sa nécessité pour les appareils multiples ; cet inconvénient vaut bien celui des appareils automatiques qui nécessitent un personnel supplémentaire à égalité de valeur de service.

Nous avons déjà vu combien il était nécessaire d'établir des relations intimes d'une part entre les divers organes du centre radioéleetrique, d'autre part entre les deux centres radioélectriques ; nous avons vu l'importance des sacrifices consentis dans ce but ; il est évident que la condition de synchronisme nécessite des liaisons autrement intimes ; puisque nous pouvons décentraliser en utilisant des appareils automatiques, nous devons le faire sans hésiter. Cette condition de synchronisme possède, il est vrai, jusqu'à un certain point un autre avantage : le secret des conversations serait mieux conservé, l'écoute des télégrammes émis nécessitant l'emploi d'un Baudot, lui-même accordé sur le poste d'émission. L'emploi du Baudot serait beaucoup plus facilement applicable à des transmissions intérieures, le réseau intérieur français englobant les postes pour toutes communications en

France, Algérie, Tunisie, Maroc. A ces distances et pour un trafic intense l'utilisation du Baudot se présenterait sous un jour favorable. Cependant pour un service de propagande (presse, signaux météorologiques, etc...) il serait nécessaire soit d'utiliser une émission à la main (signaux Morse), soit d'utiliser des appareils automatiques employés à faible vitesse ; une même station pourrait posséder Baudot et automatiques sans entraîner par là de fortes dépenses.

(*A suivre.*)

DIFFÉRENTES MÉTHODES

DE TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SIMULTANÉES[1]

La superposition de circuits supplémentaires sur les conducteurs télégraphiques et téléphoniques, en vue d'obtenir sur un même circuit réel deux, ou plus de deux voies de communication indépendantes, tient aujourd'hui une place importante dans la réalisation de ces lignes.

La pupinisation des circuits téléphoniques, jointe à l'emploi des amplificateurs à lampes, permet d'obtenir de bonnes communications téléphoniques à longue distance (même par circuits combinés) sur des câbles souterrains composés d'un grand nombre de circuits à conducteurs de petit diamètre. L'installation de ces câbles entraîne le remplacement graduel des lignes téléphoniques aériennes ou du moins d'une grande partie de celles-ci, et constitue une révolution dans la construction des réseaux modernes. La présente étude a pour objet l'emploi des lignes téléphoniques appropriées à la télégraphie.

Après avoir exposé la théorie de la télégraphie et de la téléphonie sur un même circuit, l'article indiquera les restrictions imposées à ce mode d'exploitation.

Ensuite, sont étudiés successivement le rendement comparé des circuits combinants et des circuits combinés, et les principaux problèmes soulevés par la pupinisation et l'amplification des circuits fantômes.

---

(1) (Extrait d'un article de M. Hill, ingénieur au Post Office britannique : *Journ. Inst. of Electr Engin.*, juin 1922).

INTRODUCTION

Les problèmes relatifs à la téléphonie et à la télégraphie simultanées sont tellement vastes et complexes que nous nous bornerons à en donner un rapide aperçu. Les méthodes employées pour se procurer des voies supplémentaires sans construire de nouveaux circuits, peuvent être classées comme suit :

1° la méthode dite d'impédance ou méthode de retardement, qui permet de télégraphier et de téléphoner simultanément sur un même fil ou sur un même circuit ;

2° la méthode équipotentielle, qui procure plusieurs voies télégraphiques et téléphoniques sur les mêmes fils, et son application à l'équilibrage des circuits téléphoniques pourvus de répéteurs.

I. — Méthode d'impédance de télégraphie et téléphonie simultanées sur un conducteur unifilaire.

Cette méthode a été préconisée en 1882 par l'ingénieur des télégraphes belges F. Van Rysselberghe. L'appropriation d'un circuit téléphonique à la télégraphie est rendue possible parce que l'impédance des bobines d'inductance et des condensateurs varie suivant qu'il s'agit de courants à haute ou à basse fréquence. Le fonctionnement dépend de la différence fondamentale qui existe entre les courants télégraphiques et les courants de conversation.

Définition des signaux.

a) *Signaux téléphoniques.* — Les tensions et courants engendrés dans un circuit téléphonique lorsqu'on parle sont supposés varier d'une manière harmonique simple. Les fréquences vocales ont une gamme très étendue comprise entre 100 et 2.500 périodes par seconde. Pour faciliter les calculs, on a adopté la fréquence moyenne de 800 périodes par seconde.

b) *Signaux télégraphiques.* — Les signaux du code Morse sont formés de points et de traits. Lorsqu'on transmet à la main à la



vitesse de 30 mots par minute, un point a une durée de 1/12 de seconde ; cette durée sert de terme de comparaison.

Explication du fontionnement d'un circuit téléphonique approprié à la télégraphie. — Si, sur un circuit téléphonique ordinaire, on place une série avec un récepteur téléphonique, un condensateur d'une capacité suffisante (5 μ F, par exemple), l'affaiblissement des courants de conversation occasionné par le condensateur est si minime qu'il est à peine perceptible à l'oreille. Toutefois, pour des courants de fréquence très basse, l'impédance du condensateur est très élevée. D'autre part, si l'on intercale une impédance inductive convenable sur le fil télégraphique, la vitesse de transmission des signaux morse se trouve réduite, mais il est encore possible d'exploiter manuellement la ligne. Outre ces effets directs produits sur le fil télégraphique et sur le circuit téléphonique, et d'autres effets directs dont il sera question plus loin, il faut envisager l'action réciproque qu'ils exercent l'un sur l'autre. La diminution de la vitesse à laquelle les signaux télégraphiques sont émis a pour conséquence une réduction de la tendance normale que ces signaux ont à produire des perturbations dans les appareils téléphoniques à travers le condensateur, pour la simple raison que l'intensité des signaux perturbateurs varie suivant la vitesse à laquelle se produisent les changements de tension aux bornes du condensateur. Cependant, le dispositif de retardement intercalé sur le fil télégraphique possède une impédance très forte pour les courants téléphoniques de fréquence moyenne ; c'est cette impédance qui facilite la transmission des courants de conversation en réduisant les pertes de transmission occasionnées par les appareils télégraphiques qui jouent ici le rôle de shunt par rapport aux courants téléphoniques. L'effet des courants de conversation sur le fonctionnement d'un télégraphe morse ordinaire est absolument négligeable.

SYSTÈME VAN RYSSELBERGHE.

Le fonctionnement de ce système est basé sur les considérations précédentes. Une impédance fortement inductive RL est

intercalée sur le fil de ligne de l'appareil télégraphique, et un condensateur C sur le fil de ligne de l'appareil téléphonique ; les deux appareils sont montés en parallèle et connectés à la ligne comme le montre la figure 1, qui représente les deux extrémités du circuit commun. Pour plus de simplicité on a représenté un circuit à simple courant ; on se sert également du double courant.

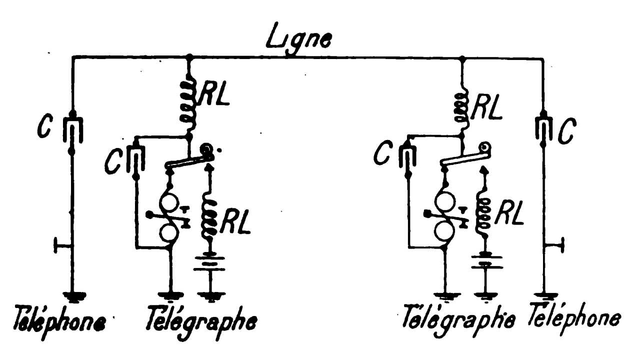


Fig. 1.

On se rend immédiatement compte qu'avec ce montage le même fil peut servir simultanément pour télégraphier et pour téléphoner; mais il est intéressant d'étudier de plus près l'effet respectif de l'impédance inductive et du condensateur, pour comprendre jusqu'à quel point les signaux télégraphiques retardés peuvent réagir sur les appareils téléphoniques, et, en outre, jusqu'à quel point l'influence exercée par le retard sur les signaux télégraphiques eux-mêmes, les écourte ou diminue la vitesse de transmission.

Les dispositifs utilisés en télégraphie et téléphonie commerciales simultanées sont complexes ainsi qu'on peut s'en rendre compte sur les schémas accompagnant cette étude ; de plus, le fonctionnement électrique est également compliqué du fait que la perméabilité des noyaux en fer et les résistances effectives des appareils télégraphiques varient beaucoup suivant l'intensité des courants transmis. C'est pourquoi il vaut mieux s'en rapporter à l'expérience qu'au calcul pour déterminer les valeurs de l'inductance et de la capacité qui conviennent le mieux. Toutefois,

il est avantageux d'étudier mathématiquement l'effet fondamental théorique produit par les dispositifs destinés à déterminer la vitesse d'émission du courant. On se servira pour cela du circuit relativement simple représenté sur la figure 2.

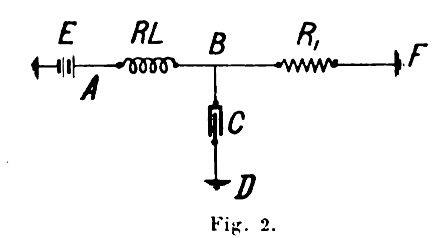


Fig. 2.

Soit : E, une tension constante appliquée en A ;
v, la tension aux bornes du condensateur au temps t ;
R, la résistance de l'électro de retardement ;
L, l'inductance en henrys de cet électro ;
R_1, la résistance invariable d'une ligne longue supposée non inductive ;
C, la capacité en farads du condensateur ;
t, le temps exprimé en secondes, après application de la tension E au circuit.

L'équation qui relie la tension v au temps pendant la période transitoire, lorsque la force électromotrice passe de zéro à sa valeur stable E, est donc :

$$\frac{d^2 v}{d t^2} + \left(\frac{R}{L} + \frac{1}{C R_1}\right) \frac{d v}{d t} + \left(\frac{R}{C L R_1} + \frac{1}{C L}\right) v = \frac{E}{C L} \qquad (1)$$

L'équation correspondante pour la valeur de v à un moment quelconque t après l'application de E, est :

$$v = \frac{E R_1}{R + R_1} \left[\left(-\frac{1}{2} - \frac{\alpha}{2\beta} - \frac{1}{2} \right) e^{(-\alpha-\beta)t} + 1 \right] \qquad (2)$$

où

$$\alpha = \frac{1}{2} \left(\frac{R}{L} + \frac{1}{C R_1} \right) \qquad \text{et } \beta = \frac{1}{2} \sqrt{\left[\left(\frac{R}{L} - \frac{1}{C R_1} \right)^2 - \frac{4}{L C} \right]} \qquad (3)$$

Si $R/L = 1/CR_1$ et si $R = R_1$, on peut écrire l'équation de v :

$$v = \frac{1}{2} E \left[1 - \sqrt{2 e^{-t/cR} \sin\left(t/C R + \frac{1}{4} \pi\right)} \right] \qquad (4)$$

En tout cas si β est imaginaire l'équation prend une forme semblable à (4).

En examinant ces équations, on voit que la vitesse à laquelle la tension s'élève est logarithmique et qu'on peut avancer ou retarder la vitesse d'élévation de la tension en donnant à R, L, C, et à R_1 des valeurs convenables. Si RL constitue un relais à l'extrémité réceptrice d'une ligne et si C représente un condensateur shunté par R, en ce même endroit, on a le montage bien connu avec un condensateur en dérivation (voy. fig. 2). La figure 3 représente une courbe de l'accroissement normal du courant dans un récepteur télégraphique Wheatstone non shunté, et la figure 4 montre l'accroissement plus rapide obtenu en ajoutant le condensateur en dérivation au même appareil, le réglage étant fait de manière à produire un signal aussi carré (à sommet étalé) que possible.

On peut prendre pour exemple les valeurs ci-dessous qui ont été réellement choisies en vue de produire le retard désirable sur un circuit approprié à la télégraphie :

$$R = 50 \text{ ohms}$$
$$L = 20 \text{ henrys}$$
$$C = 5 \text{ microfarads.}$$

Si la résistance R_1 de la ligne est égale à 500 ohms, la vitesse d'accroissement se trouve grandement réduite en comparaison de la figure 3. La figure 5 montre la variation, avec le temps, de la tension aux bornes du condensateur. Il est évident d'après ces exemples qu'on doit choisir soigneusement les valeurs de R, L, et C. Il est non moins évident d'après l'équation générale (2) qu'afin de produire à un moment quelconque t la plus petite tension possible, E doit être aussi petite que le fonctionnement satisfaisant de la ligne télégraphique le permettra. En outre, il convient de remarquer que malgré que la valeur de R doive être faible pour donner une constante de temps petite, la valeur de v diminue lorsque R augmente et qu'évidemment une valeur de R trop considérable peut être nuisible au bon fonctionnement du circuit télégraphique.

Bien que le dispositif plus complexe représenté sur la figure 1 modifie les effets qu'on vient de décrire, l'expérience prouve clairement que des valeurs relativement grandes de L et de C donnent de bons résultats.

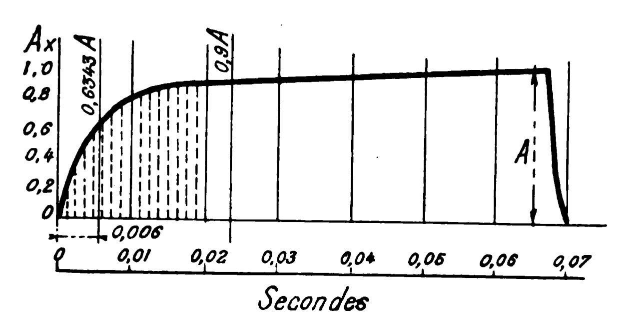


Fig. 3.

Nous allons maintenant montrer qu'avec un dispositif tel que celui de la figure 2 il n'est pas facile de supprimer l'effet gênant produit sur le circuit téléphonique par les signaux morse ordinaires, en raison de la vitesse à laquelle se produisent les changements de tension aux bornes du condensateur.

En examinant la figure 5, on voit que dans le premier centième

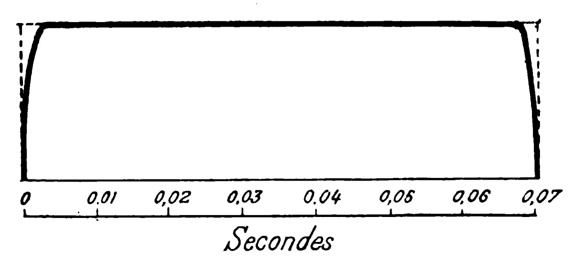


Fig. 4.

de seconde après l'application de la force électromotrice, la tension a atteint 18 °/₀ de sa valeur finale malgré le retard important ; avec les tensions utilisées dans le système morse ordinaire, un changement de tension aussi rapide produira un « kick » dans le récepteur téléphonique.

Comparé à l'accroissement rapide d'un signal morse ordinaire,

on voit cependant de suite que le retard dont il vient d'être question a retardé considérablement le signal. La figure 3 se rapporte à un signal normal reçu sur un Wheatstone à la vitesse de 18 mots par minute. Dans ce cas, après le premier centième de seconde le courant a atteint environ 75 centièmes de sa valeur totale : c'est donc une variation beaucoup plus rapide que dans le cas précédent.

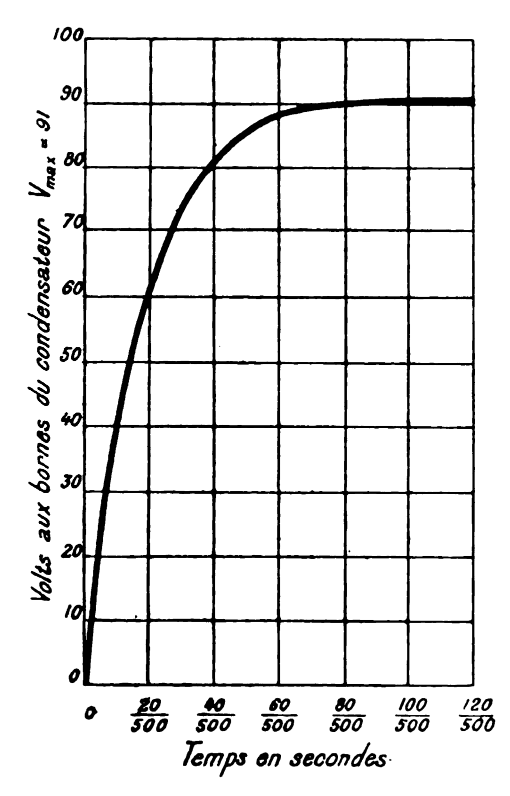


Fig. 5.

Pour se rendre compte de l'effet produit dans le téléphone par les variations du courant il convient de remarquer que le récepteur a une sensibilité particulière au voisinage de 800 à 1.000 périodes par seconde. Si le courant maximum qui traverse le récepteur Wheatstone est de 10 mA, il se produit une variation supérieure à 2 mA dans le premier huit centième de seconde (voy.

fig. 3) et l'on sait qu'un courant de telle intensité produira dans le téléphone un « kick » très prononcé. Le courant atteint neuf dixièmes de sa valeur maximum après que s'est écoulé un tiers de la durée totale du signal. Lorsque les circuits ne servent pas à la téléphonie et à la télégraphie simultanées, il est fréquemment nécessaire d'augmenter la vitesse de transmission des signaux au lieu de les retarder ; on sait comment on y parvient.

On remarquera que le dispositif retardateur RL (fig. 1) ne protège pas le circuit téléphonique approprié contre les phénomènes d'induction occasionnés par les fils télégraphiques ordinaires voisins. Ces phénomènes sont rendus sensibles par le fait que la bobine retardatrice se trouve sur la ligne de l'appareil télégraphique exclusivement. C'est pourquoi les fils télégraphiques ordinaires voisins agissent par induction sur les circuits appropriés. Le remède consiste à placer des dispositifs retardateurs sur les circuits qui occasionnent les perturbations.

Effets des appareils retardateurs sur la vitesse de transmission sur les circuits aériens.

Sur des conducteurs aériens en cuivre non pupinisés dont la résistance est faible, les ondes électriques se propagent à une vitesse qui se rapproche de celle de la lumière, tandis que sur les circuits souterrains fortement pupinisés la vitesse peut tomber à 12.800 km. par seconde. Toutefois, la vitesse de la transmission télégraphique dépend beaucoup de la sensibilité de l'appareil employé aussi bien que de son inertie mécanique, si bien qu'en pratique la vitesse de transmission dépend à la fois de l'appareil et de la ligne. A un autre point de vue, elle dépend aussi de la nature technique du système employé. Par exemple, le fonctionnement simplex permet d'atteindre une vitesse plus grande que l'exploitation en duplex ; de même, pour un circuit donné, on peut atteindre une vitesse plus grande s'il fonctionne en duplex que s'il fonctionne en quadruplex. De plus, il ne s'ensuit pas que la vitesse réelle de transmission des signaux procure des avantages proportionnellement favorables au point de

vue économique, car il faut tenir compte du temps que met l'opérateur du poste de départ pour préparer la transmission du message et du temps que met l'opérateur du poste d'arrivée pour préparer la distribution dudit message ; certains systèmes exigent moins de temps que d'autres.

Toutefois, pour la présente étude, la durée d'émission de chacun des signaux présente une importance capitale. Prenons comme exemple un circuit aérien Morse-Wheatstone. Dans les conditions les plus favorables, ce système permettrait d'atteindre la vitesse de 600 mots par minute, mais il vaut mieux transmettre à une vitesse que l'on pourra conserver dans des conditions défavorables ; le plus souvent, on adopte la vitesse de 200 mots par minute ; cette vitesse correspond à 80 points par seconde, en sorte qu'un signal ne dure qu'un quatre-vingtième de seconde. En se reportant à la figure 5 on voit que, pendant ce temps, la tension n'atteint qu'un tiers de sa valeur maximum et que sur un pareil circuit il ne serait pas pratique d'ajouter un retard important. Dans la pratique, étant donnée l'importance du retard nécessaire pour réduire suffisamment la friture dans le téléphone pour que l'audition soit satisfaisante, et, d'autre part, la nécessité de maintenir la tension du circuit télégraphique pour la même raison, l'expérience prouve que sur une ligne aérienne exploitée en duplex, une vitesse de 60 mots par minute ne peut être obtenue que dans les conditions les plus favorables. A ce propos, il faut remarquer que si l'inductance du dispositif retardateur est trop forte, les signaux télégraphiques peuvent coller et sortir en retard. Pour procurer une marge de sécurité pratiquement suffisante, le système Van Rysselberghe est en réalité actionné à une vitesse de transmission manuelle. Ceci posé, on se sert de filtres électriques pour étouffer les hautes fréquences perturbatrices.

On remarquera que l'emploi de dispositifs de retardement est susceptible d'occasionner des difficultés d'équilibrage des circuits télégraphiques duplex, en raison de la nécessité d'équilibrer, dans le circuit compensateur du duplex, les effets de retard appliqués à la ligne. En cherchant à réduire cette difficulté, on a

constaté que si les enroulements de la bobine retardatrice étaient faits en sens contraire l'un par rapport à l'autre, l'équilibrage serait facilité, le circuit téléphonique pouvant alors être encore utilisé. La meilleure place pour la bobine retardatrice est située, dans les circuits duplex, sur le conducteur commun à la ligne et au circuit de compensation.

Outre la vitesse d'émission du courant, les signaux télégraphiques ont une certaine fréquence, la forme de l'onde étant généralement très compliquée. Un signal morse possède une fréquence faible et on peut en profiter pour accorder un appareil anti-inductif de façon à éliminer ou à réduire les troubles par induction pour une bande donnée de fréquences, quand la fréquence de la perturbation est suffisamment élevée.

Les considérations qui précèdent montrent quelles sont les limites imposées au système de télégraphie et téléphonie simultanées dont il vient d'être question.

Circuits appropriés.

La figure 6 montre le montage adopté en Angleterre et ailleurs pour utiliser en télégraphie duplex les deux conducteurs d'un circuit bifilaire. Un tel circuit est dit « approprié ». En Angleterre, ce dispositif est parfois employé pour superposer des fils téléphoniques d'appel actionnés par télégraphe, sur des circuits de raccordement exploités avec le système à batterie centrale, ou, alternativement, un fil est utilisé comme fil télégraphique d'appel et l'autre pour l'appel automatique sur une ligne de raccordement. En pareil cas, il se produit une perte de transmission dans chacun des groupes d'appareils en dérivation sur le circuit téléphonique ; généralement cette perte n'est pas inférieure à un mile de câble standard ; elle peut être supérieure à cette valeur. La perte augmente encore lorsque plusieurs circuits semblables sont reliés entre eux : avant de les relier il faut donc s'assurer s'ils ont une marge de transmission suffisante.

Il y a lieu de remarquer qu'en Angleterre on utilise depuis plusieurs années des circuits appropriés et « simplexés » (un cir-

cuit « simplexé » est un circuit télégraphique fonctionnant en parallèle sur les deux fils d'un circuit téléphonique). En 1908, on comptait 200 circuits simplexés en Angleterre. En même temps, on utilisait sur les réseaux téléphoniques urbains une méthode imaginée par M. W. J. Medlyn.

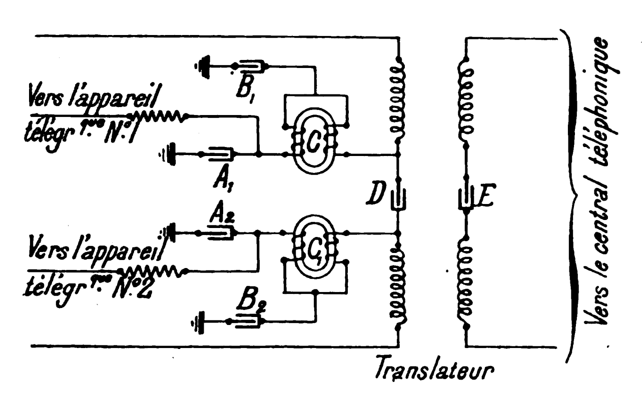


Fig. 6.

Le schéma théorique est représenté sur la figure 7 ; en voici l'explication : si sur une courte section d'une ligne aérienne, portant un fil télégraphique à longue distance, nous avons un circuit local unifilaire que nous désirerions utiliser téléphoniquement, on peut, à peu de frais, se procurer un circuit sur cette section en utilisant la portion du fil à longue distance pour constituer le deuxième fil du circuit téléphonique local. Le circuit local unifilaire et le fil télégraphique sont permutés à intervalles réguliers pour éviter les phénomènes d'induction occasionnés par les autres fils télégraphiques voisins ; des transformateurs sont disposés comme l'indique la figure. La section comprise entre les transformateurs constitue le circuit téléphonique bifilaire. Les signaux télégraphiques circulent en parallèle sur le circuit téléphonique bifilaire ainsi formé : ils gagnent et quittent la section bifilaire au point central des transformateurs. De cette manière le circuit télégraphique est sans solution de continuité. Le fonctionnement d'un tel circuit n'est nullement gêné par un circuit télégraphique superposé si les fils A et B sont du même métal et

ont même diamètre. Dans le cas représenté, après que le circuit téléphonique a quitté le fil à longue distance, il se continue sous forme d'un fil simple qui est connecté aux transformateurs dans la forme indiquée. La possibilité de se servir du simple fil dépend des conditions locales.

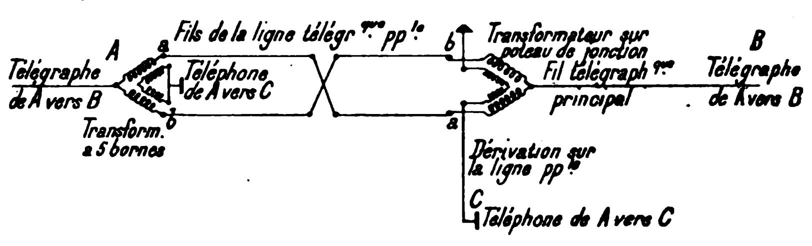


Fig. 7.

Discussion.

L'A. T. and T. Cy a organisé un service très important en louant les circuits télégraphiques superposés de ses longues lignes téléphoniques à des journaux ou à des agences de presse, à la Bourse et à bon nombre d'établissements importants possédant des succursales dans des grands centres. On a trouvé aux États-Unis plusieurs applications ingénieuses de ce système. Lors du développement du service téléphonique en Angleterre, nous l'avons également appliqué pour nous procurer des circuits d'appel sur les lignes à grande distance. Lorsqu'il existe entre deux villes, telles que Londres et Manchester, un groupe important de lignes interurbaines, l'exploitation la plus efficace consiste à faire passer les communications de service par une certaine voie et à réserver les autres lignes aux communications échangées entre abonnés. Un circuit télégraphique superposé sur l'une des lignes à longue distance écoule les communications de service et permet d'utiliser téléphoniquement toutes les autres lignes du groupe de circuits à longue distance. On a pu constater que les recettes se rapportant au circuit téléphonique rendu ainsi disponible compensaient largement les dépenses occasionnées par le personnel nécessaire pour exploiter le circuit superposé réservé aux com-

munications de service. Les circuits de ce genre superposés aux circuits téléphoniques Londres-Paris ont rendu de réels services, et ainsi un trafic télégraphique assez important a pu être écoulé à très peu de frais. Toutefois, la superposition de circuits téléphoniques fantômes aux circuits combinants offre une importance et une utilité générale encore plus grande.

M. A.-B. Hart : Une courbe précédente (fig. 5) montre l'accroissement du courant dans un circuit approprié. On peut penser que cette courbe ne représente pas les choses exactement comme elles sont. Les raisons qui motivent cette remarque sont d'ordre pratique. En procédant à des expériences sur un circuit approprié, nous avons récemment constaté que les signaux télégraphiques occasionnaient des troubles sérieux par interférence sur les circuits téléphoniques. Les télégraphes fonctionnaient à une vitesse relativement faible. Les circuits téléphoniques étaient appropriés. Je ferai remarquer que le couplage entre le circuit téléphonique et les télégraphes était assuré par de petits condensateurs. Ces condensateurs offrent une impédance infinie au courant continu télégraphique; même si le télégraphe fonctionne lentement avec du courant alternatif, les condensateurs offrent encore une très forte impédance. Pourtant au début des expériences, on a constaté une interférence très prononcée. Nous avons réussi à éliminer celle-ci jusqu'à un certain point, mais nous avons acquis la certitude que ces courbes étaient sujettes à une caution et que nous avions affaire à un accroissement de courant ayant un caractère oscillant. Il ne faut pas oublier que le levier du transmetteur Wheatstone est une pièce rigide qui frappe fort, ce qui produit des vibrations ; mais la chose essentielle, c'est l'oscillation électrique qui en résulte. Ceci me conduit à dire que sur les circuits appropriés il est nécessaire de connaître quelle est la fréquence minimum qui doit être transmise pour que le service télégraphique soit satisfaisant, et par conséquent d'étouffer les fréquences inutiles au moyen de filtres.

M. A.-E. Thompson : Des deux méthodes de superposition, mises en discussion, c'est l'appropriation qui est la plus avantageuse du point de vue de l'économie du matériel. Elle permet

d'obtenir sur un même circuit téléphonique deux transmissions télégraphiques distinctes tout en permettant d'utiliser ce circuit réel pour se procurer un circuit combiné. La méthode simplex permet de tirer d'un circuit bifilaire une seule transmission télégraphique, et de plus il ne peut plus être question de s'en servir pour constituer un circuit combiné. Il est intéressant de rappeler qu'en Angleterre il existe des circuits appropriés depuis plusieurs années, mais leur nombre est insignifiant si on le compare au nombre des circuits simplexés. Il semble qu'il en est de même dans les autres pays d'Europe, mais certains indices prouvent que

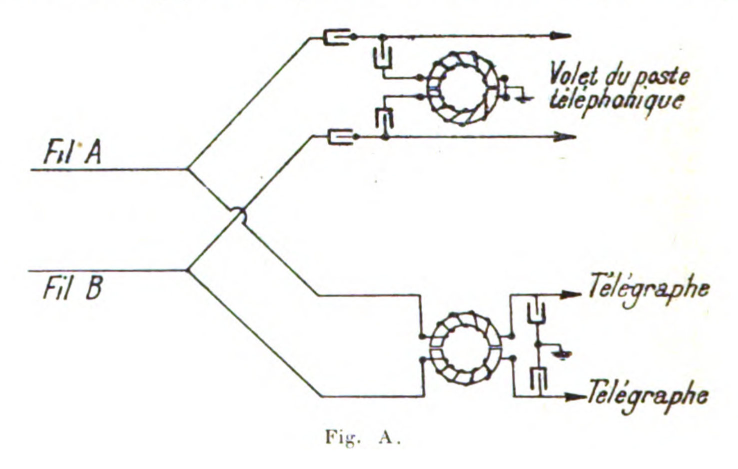


Fig. A.

les circuits appropriés jouiront d'une grande vogue avant longtemps. L'Administration danoise a approprié un certain nombre de circuits l'an passé et se déclare satisfaite du résultat obtenu. Elle considère le système comme supérieur à la méthode simplex ; on dit qu'elle entend y recourir de plus en plus, et qu'elle s'abstiendra dans une large mesure de construire de nouvelles lignes télégraphiques. Les Français ont également mis le système à l'étude. D'autre part je sais pertinemment que l'Administration danoise emploie l'appropriation sur les circuits combinés suivants : Copenhague-Aarhus, Copenhague-Aalborg, Copenhague-Odense, Copenhague-Nykoping, Falster, Copenhague-Hambourg. Sur le circuit de Hambourg, les Danois utilisent la méthode américaine d'appropriation, les Allemands utilisent une installation à

eux. Trois des circuits télégraphiques obtenus par appropriation servent comme lignes d'ordre pour les trois circuits téléphoniques, et le quatrième pour le service télégraphique général. En France, l'armée américaine a utilisé également ces circuits mixtes. Le premier circuit combiné et approprié dont les Américains se sont servis a été installé en juin 1918, entre Tours et Chaumont avec répéteurs à Autun, soit sur une distance totale de 490 kilomètres. Il procurait trois circuits téléphoniques et quatre communications télégraphiques. Parmi celles-ci, deux étaient exploitées au morse et deux au multiplex de la Western Electric : l'une était une liaison duplex à deux secteurs (vitesse : 40 mots par minute par secteur), l'autre une liaison duplex à trois secteurs. Donc sur les deux paires de fils, il était donc possible de transmettre trois messages téléphoniques et 14 messages télégraphiques. On a dit que cette méthode était inutilisable en Angleterre en raison des mauvaises conditions atmosphériques. Pour s'assurer si tel était vraiment le cas, on fit un essai sur une ligne interurbaine Euston-Rugby (135 km.) en utilisant des appareils et des dispositifs d'appel de la Western Electric. L'un des circuits télégraphiques obtenus par appropriation était muni d'un appareil duplex à double courant, l'autre servait à donner le signal de fin (voy. fig. A). On était aux plus mauvais mois de l'année (novembre à mars) ; néanmoins, le service fut satisfaisant : il ne se produisit pas une seule interruption. La plus faible résistance d'isolement constatée fut 2.000 ohms. On n'enregistra dans les téléphones aucun bruit parasite dû aux signaux Morse, et la perte de transmission imputable aux appareils d'appropriation était pratiquement négligeable. En Amérique le système est très fréquemment employé. Le Bell System exploite environ 1.120.000 km. de lignes télégraphiques dont 90 % au moins sont obtenus par appropriation. La compagnie les loue à la presse, aux agents de change, banquiers, etc. ; on imagine facilement les revenus qu'elle en retire. Les compagnies de chemins de fer utilisent également les circuits appropriés : on dit que les fils télégraphiques simples n'existent plus qu'à l'état de souvenir. Le mémoire de M. Hill étant muet quant à la

méthode américaine d'appropriation, il sera intéressant d'en dire deux mots. Elle consiste dans l'emploi de filtres électriques qui divise la ligne en deux branches. Le fil intercalé sur la branche téléphonique ne laisse passer que les fréquences supérieures à 100 périodes, tandis que le filtre intercalé sur la branche télégraphique étouffe les fréquences supérieures à 80 périodes par seconde. Pour assurer l'équilibre, les deux inductances dans chaque filtre sont enroulées sur le même noyau et sont renfermées dans une enveloppe à l'abri des phénomènes d'induction. La perte totale de transmission aux dispositifs d'appropriation est généralement inférieure à un mile de câble standard sur les circuits non pupinisés ; elle peut s'abaisser à un dizième de mile standard sur les circuits pupinisés. La vitesse de la transmission télégraphique est limitée en raison de la suppression des harmoniques supérieurs, l'effet produit étant un aplatissement marqué des signaux. Sur des distances relativement courtes, il est impossible de transmettre au morse à la vitesse de 88 mots par minute (40 périodes par seconde). Pour un service en duplex, 30 périodes est sensiblement un maximum, mais il n'est pas rare que l'on dépasse 25 périodes. A cette fréquence l'harmonique 3 peut passer ; il en résulte une amélioration de la forme de la courbe des signaux. Les vitesses en duplex correspondant à 25 périodes sont les suivantes :

Wheatstone, 60 mots à la minute.

Systèmes à voie unique :

Western Electric, 70 mots à la minute.
Morkrum......., 70 — — —

Multiplex :

Baudot (3 secteurs), 29 mots à la minute par secteur.
Western Electric (3 secteurs), 33 mots à la minute par secteur.

Pour qu'on n'ait rien à changer à la disposition habituelle du meuble téléphonique, pour appeler on se sert d'une sonnerie appropriée au lieu d'un « howler » (hurleur). Cet appareil est composé de deux circuits en dérivation sur les lignes en un point

situé entre le dispositif d'appropriation et le meuble téléphonique. Un circuit renferme un relais qui fonctionne avec des courants à 16 périodes, et l'autre un relais qui fonctionne avec des courants à 135 périodes. Chaque relais est équipé pour envoyer un courant local ayant une fréquence autre que celle du courant qui l'a actionné, c'est-à-dire que des courants à 16 périodes partis du meuble font transmettre sur la ligne des courants à 135 périodes et que des courants d'arrivée à 135 périodes font transmettre au meuble un courant d'appel à 16 périodes. Comparée à la méthode américaine, la méthode du Post Office britannique (fig. 6) me paraît présenter les inconvénients suivants :

1) Les signaux télégraphiques passent à travers un enroulement de la bobine de translation. Il doit en résulter des trouble- par interférence dans le téléphone, troubles occasionnés par les signaux télégraphiques ; mais il est impossible qu'on y ait remédié en donnant une grande capacité aux condensateurs mis à la terre.

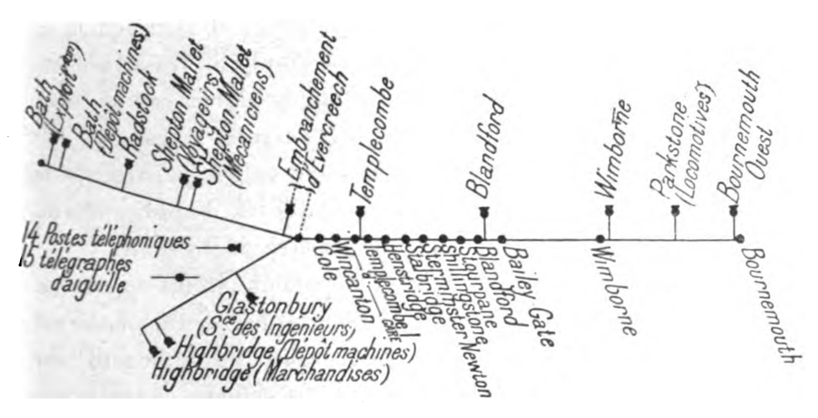


Fig. B.

2) Si ces condensateurs ont une capacité supérieure à 6 mfs et 2 mfs comme les condensateurs américains pour circuits appropriés, le rendement de la transmission télégraphique diminuera.

3) Les branches télégraphiques sont reliées entre elles à travers des condensateurs. Il doit fatalement en résulter une inter-

férence inductive considérable, surtout si deux branches sont utilisées en même temps pour le service télégraphique.

4) Comme protection contre les troubles par interférence inductive, il n'existe aucune prise entre les circuits télégraphiques.

M. THORROWGOOD : On dit parfois que c'en est fait du système Van Rysselberghe. En dehors du point de vue du Post Office, le problème a une autre face que j'envisagerai et que j'appellerai le « côté chemins de fer ». J'ai préparé à cet effet les schémas B et C. On a insisté sur la complication de ces circuits et les difficultés qu'ils soulèvent. Tout ce que je puis dire, c'est que ceux qui s'en servent les trouvent très pratiques. Pour prouver que ces téléphones superposés aux télégraphes, et inversement, ne sont pas aussi compliqués qu'on vient de nous le donner à entendre, je dirai que la figure B représente un circuit entre Bath et Bournemouth et Highbridge. La distance entre Bath et Bournemouth est de 122 kilomètres; près de Glastonbury, la ligne se bifurque vers Highbridge. Entre Highbridge et Bournemouth, la distance est de 116 kilomètres. Sur ce simple fil, il y a 14 appareils télégraphiques et 15 appareils téléphoniques, et on peut communiquer d'un bout à l'autre de la ligne. Il est possible que les conditions ne soient pas tout à fait celles qu'exigerait le Post Office, mais je pense que les possibilités d'application du système Van Rysselberghe soient loin d'être négligeables.

La figure C représente ce qu'on a appelé un circuit approprié. Ici encore le système qui sépare le télégraphe du téléphone est en vérité très simple. Le service est assuré normalement sur ces lignes depuis plusieurs années. Sur ce schéma, nous avons pratiquement un circuit en pont. Il représente un circuit de 127 kilomètres posé entre Waterloo et Southampton. A chaque bout, il y a un télégraphe à cadran. Douze postes téléphoniques sont échelonnés sur la ligne ; donc l'installation n'est pas compliquée ! Le circuit télégraphique commence à la terre ; il passe dans le télégraphe et Waterloo ; de là, en parallèle, à travers les deux bobines de pont (750 ohms chacune), les deux fils de ligne (435 ohms chacun), les deux bobines de pont à Southampton

(735 ohms chacune), enfin l'appareil à cadran et la terre à Southampton. Une seule nécessité s'impose : maintenir égaux entre eux les deux bras parallèles à travers les bobines de pont et les fils de ligne. S'il y a une différence de 1 ohm, les signaux télégraphiques sont perceptibles en prêtant l'oreille; si la différence est de 5 ohms, on les entend nettement dans le téléphone. Nous avons ainsi sur les deux fils une ligne télégraphique et un circuit téléphonique. Le circuit téléphonique est relié au standard de Waterloo où il y a environ 250 directions, et à celui de Southampton, qui en compte 200, ainsi qu'à de petits tableaux existant aux stations intermédiaires; chaque poste peut causer d'un bout à l'autre de la ligne. Une batterie d'appel sert pour appeler au téléphone, et, au moyen de courants d'appel polarisés, on peut appeler n'importe quel poste intermédiaire sans déranger le poste de Waterloo. De même, en adoptant un appel

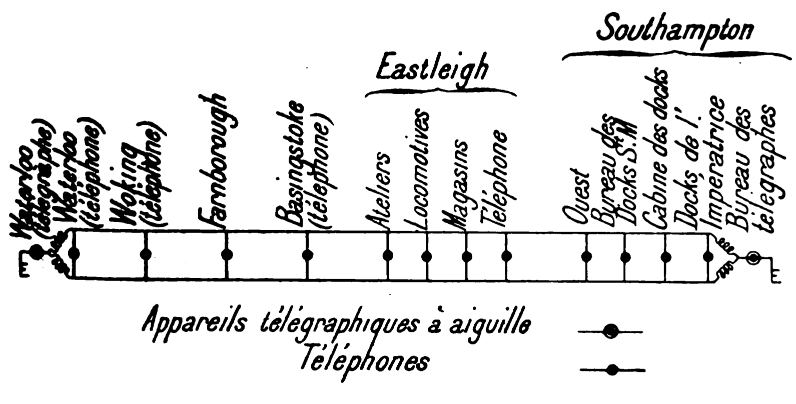


Fig. C.

prolongé lorsqu'il s'agit d'obtenir Southampton, celui-ci ne se dérange pas lorsqu'il reçoit des appels brefs, mais tous les appels sont entendus aux 10 postes intermédiaires. Il y a plusieurs installations analogues le long de la voie ferrée.

M. J.-G. Hill : Lorsqu'on compare entre eux les deux systèmes de superposition en question, il ne faut pas perdre de vue que le système simplex, qui est un système équipotentiel, est capable de donner une vitesse de transmission télégraphique

plus grande que le système simultané, sur un circuit bien équilibré. Lorsque le circuit téléphonique est parfaitement équilibré, une impédance (ou filtre) dans le circuit télégraphique n'est pas nécessaire, pour que le téléphone reste silencieux, c'est-à-dire n'enregistre pas de bruits parasites. Même lorsque l'équilibre n'est pas parfait, il est possible pratiquement d'utiliser un simple filtre laissant passer des fréquences plus élevées que dans le cas d'un circuit approprié ; il en résulte que les avantages reconnus à l'appropriation sont sensiblement réduits. On a dit aussi que le circuit simplexé s'obtient au détriment de la possibilité de se procurer des circuits fantômes ; mais on sait qu'un circuit fantôme peut supporter 4 circuits appropriés, et il suffit d'exploiter seulement les deux lignes constituant chaque combinant en parallèle (au lieu de les exploiter séparément comme dans le cas de l'appropriation), pour obtenir deux circuits simplexés superposés sur un circuit fantôme, ce dernier devant être au moins aussi bon qu'un circuit fantôme portant 4 circuits appropriés.

Une variante du dispositif représenté sur la figure 6 consiste à monter les circuits télégraphiques en pont sur les lignes A et B des circuits téléphoniques. Mais l'expérience prouve qu'alors on a une perte de transmission plus grande et un déséquilibre plus prononcé qu'avec le montage de la figure 6. Il ne faut pas oublier que dans l'exploitation à circuit ouvert, où les courants télégraphiques circulent parfois dans le circuit et d'autres fois pas, il peut se produire certaines différences d'impédance aux courants de fréquence téléphonique ; on réduit ces différences à un minimum en plaçant les circuits appropriés le plus près possible du centre du circuit.

Si l'on compare les figures 6 et A, et si, comme c'est le cas pour les lignes aériennes, il existe un risque quelconque de déséquilibre du circuit, la division du condensateur D en deux condensateurs mis à la terre au point milieu peut être cause que les phénomènes d'induction dus à des causes extérieures sont très accentués, sans que pour cela on puisse trouver une compensation en isolant effectivement un circuit télégraphique de l'autre.

En Angleterre, on se sert de la terre toutes les fois qu'il y a avantage à le faire. Le nombre des circuits appropriés en service en Angleterre est très réduit. Toutefois on est disposé à utiliser le montage de la figure 6 dans tous les cas où il sera reconnu avantageux, mais tout dépend des conditions locales.

Quant à la possibilité d'appropriation des circuits, avec le faible isolement constaté l'hiver sur les lignes anglaises, il n'est pas possible d'obtenir en Angleterre d'aussi bons résultats qu'en Amérique, et l'expérience faite entre Euston et Rugby ne prouve pas le contraire. Ce circuit a une longueur de 135 kilomètres alors qu'en Amérique, il n'est pas rare que de pareils circuits aient 1.150 kilomètres. La résistance totale d'isolement en hiver (2.000 ohms) citée plus haut est très faible, et si un circuit très long se trouvait dans d'aussi mauvaises conditions, la diminution de l'impédance et l'augmentation de l'affaiblissement constitueraient pour l'appropriation autant de facteurs défavorables. Toutefois, autant qu'on peut en juger, l'expérience paraît avoir été couronnée de succès et avoir démontré les mérites de la méthode d'appropriation dans les conditions de l'expérience.

Parmi les facteurs qui interviennent pour réduire les possibilités d'application de la méthode d'appropriation je citerai les suivants :

1) Elle ne convient pas aux grandes vitesses de transmission (la vitesse maxima au Weatstone est de 60 mots par minute) ; or, en Angleterre il existe un grand nombre de circuits exploités à une grande vitesse.

2) On peut en retirer le maximum de profit sur les lignes aériennes soumises à de grandes variations d'isolement comme c'est le cas en Angleterre, parce qu'aux époques où celles-ci se produisent, il est d'usage d'augmenter le voltage des courants télégraphiques, ce qui se traduit fatalement par des bruits parasites plus intenses dans les téléphones.

3) Il faut étudier jusqu'à quel point les abonnés tolèreront ces bruits gênants dans leur appareil : on peut établir différents standards suivant les régions. Et si des dommages doivent en résulter, il faut être prêt à en tenir compte.



4) Certains appareils télégraphiques produisent des effets moins gênants que d'autres.

Sous réserve des considérations qui précèdent, il existe un champ d'application très vaste ouvert à l'appropriation des circuits téléphoniques.

L'ORGANISATION SCIENTIFIQUE DU TRAVAIL

EN ALLEMAGNE (1)

L'organisation rationnelle du travail joue un rôle qui tend à devenir prépondérant dans l'industrie moderne : c'est d'elle, en effet, que dépendent le plus souvent le bon fonctionnement d'une usine et le succès d'une entreprise. On s'est donc préoccupé d'en faire une étude approfondie pour les grandes exploitations. Ne pourrait-on, cependant, étendre davantage encore ce mouvement scientifique et en faire profiter les travailleurs individuels ? M. Antoine, Ingénieur des Ponts et Chaussées, a montré, dans une conférence très documentée dont nous donnons ci-après une rapide analyse comment, outre-Rhin, on a répondu à la question.

Les Allemands soucieux de développer de toute manière la vie économique de leur pays ont pensé qu'il y aurait intérêt à faire pénétrer les idées nouvelles non seulement dans la grande industrie, mais encore dans un milieu techniquement plus arriéré, le milieu des petits industriels et des artisans. Aussi ont-ils fondé en 1919 à Karlsruhe un « Institut central de recherches pour l'organisation rationnelle du travail dans les différents corps de métiers ». Cet Institut, rattaché à l'Association allemande des Chambres de métiers qui groupe toutes les Chambres d'Allemagne et qui lui fournit les fonds nécessaires à son fonctionnement, n'est pas un établissement d'État ; mais, du fait même que son directeur, M. Bucerius, est en même temps fonctionnaire du

(1) Note remise par M. Collet, Ingénieur des Postes et Télégraphes.

Ministère du Commerce de Karlsruhe, des rapports directs lui sont assurés avec les services officiels.

Son organisation générale comporte :

1° Une direction générale à Karlsruhe ;

2° Deux sections : — a) l'une, commerciale, a son siège à Mannheim : elle est en liaison avec l'école supérieure de cette ville et s'occupe notamment de l'étude du prix de revient, de la comptabilité dans les métiers, des organisations collectives d'achats et de ventes si précieuses aux artisans isolés.

b) La deuxième section technique est à Karlsruhe, en liaison avec l'école technique supérieure de cette même ville. Elle se compose d'un directeur, de trois ingénieurs et d'un chimiste. L'objet de leurs recherches est naturellement variable. Deux d'entre eux étudient actuellement les questions d'énergie électrique, de transmission et d'outillage, particulièrement en vue du travail du bois très développé dans l'Allemagne du sud. Le troisième ingénieur s'occupe des procédés de chauffage. Quant au chimiste, auquel sont adjoints deux assistants, il examine tout ce qui concerne les essais des matières utilisées dans les différents métiers et l'utilisation des déchets.

Les recherches se font soit chez les artisans eux-mêmes, soit dans l'atelier central de l'Institut auquel les industriels fournissent gratuitement des machines. Elles se ramènent dans leur ensemble à l'étude de la variation des deux facteurs fondamentaux suivants :

1° Le quotient économique

$$Q = \frac{M \times V}{E + R}$$

où M est le nombre d'articles fabriqués,

V la valeur de vente de chaque article.

E la somme nécessaire pour la dépense d'énergie (mécanique et humaine) correspondant à la fabrication de M articles,

R la valeur des matières premières utilisées pour la fabrication de M articles.

Ce quotient doit être évidemment plus grand que 1 pour que

des bénéfices soient assurés à l'entreprise : on s'efforce du reste de le rendre aussi élevé que possible, en suivant sa variation quand on modifie progressivement chacune des conditions de l'exploitation ; on déterminera ainsi les conditions optimum qu'il faudra réaliser dans la pratique.

2° Le coefficient d'augmentation de valeur des produits par unité de travail :

$$W = \frac{V - R}{A}$$

où V est la valeur de vente des produits fabriqués,

R la valeur des matières premières nécessaires,

A le nombre d'ouvriers nécessaires à la fabrication des produits,

W l'augmentation de valeur par ouvrier et par an.

Le calcul de ce coefficient qu'on doit naturellement chercher à accroître le plus possible n'a pu encore être fait pour toutes les professions en Allemagne.

Le champ d'action de l'Institut s'étend non seulement comme nous l'avons vu à l'examen des conditions et procédés d'exécution (moteurs, outillage, matières premières...) mais aussi à l'étude de l'énergie humaine (psychotechnique), des systèmes de salaires, des locaux d'exploitation, de la direction technique et commerciale de l'entreprise.

Ce qui caractérise avant tout l'esprit dans lequel ce programme est réalisé, c'est le souci constant de maintenir en collaboration étroite l'ingénieur de l'Institut et les artisans : l'ingénieur qui a la mission de s'occuper d'une question particulière intéressant spécialement tel ou tel corps de métiers se fait introduire par le président de l'association locale du corps de métiers chez l'artisan afin de dissiper les méfiances, les préventions que ce dernier pourrait entretenir contre une pareille immixtion dans son travail privé. Là, il examine le mode de travail de l'ouvrier ; il lui donne des conseils, lui montre les inconvénients de la routine, les avantages de tel procédé nouveau, le fait en somme profiter de l'expérience qu'il a acquise dans ses recherches personnelles à l'Institut ou chez les spécialistes.



L'Ingénieur de la section de mécanique indiquera à l'artisan la manière de bien utiliser l'énergie électrique en se servant par exemple d'un moteur de deux kilowatts là où il croyait nécessaire la présence d'un moteur d'une puissance 1,5 ou 2 fois supérieure (ce cas est fréquent chez les petits industriels); il sera ainsi amené à lui expliquer comment, par des transmissions convenablement établies et graissées, soigneusement mises à l'abri de la poussière, avec des outils en parfait état de fonctionnement, le rendement peut être augmenté dans des proportions considérables. Il attirera aussi l'attention de l'ouvrier sur la supériorité — dans certains cas — de la commande par moteurs individuels sur la commande par groupes. A l'appui de ses dires, l'ingénieur présentera des diagrammes et dessins suggestifs relevés antérieurement ou immédiatement au moyen d'un wattmètre enregistreur. De cette façon, le petit patron comprendra enfin que le prix de revient d'un outil à main peut devenir supérieur au prix de revient d'une machine effectuant le même travail dès que le nombre d'heures d'utilisation dépasse un certain point critique et en déduira des règles précieuses pour son outillage.

Une autre section de l'Institut étudie les meilleurs plans à adopter pour l'installation d'un petit atelier et les communique aux intéressés par des articles, des photographies, même des films actuellement en projet, où des flèches indiqueront la marche des matières, depuis leur entrée en fabrication jusqu'à leur sortie.

Les artisans apprennent de même grâce aux efforts des deux autres sections (chauffage, chimie) à utiliser rationnellement leur combustible et à se rendre compte, par des expériences simples qu'ils peuvent réaliser chez eux, de la composition exacte, c'est-à-dire de la valeur vraie des matériaux qu'ils manipulent. Ils deviennent, en un mot, capables de s'intéresser de façon intelligente à leur métier et de participer dans une certaine mesure au progrès scientifique et industriel.

Cependant, la diffusion des nouvelles idées et méthodes de travail ne va pas sans une certaine difficulté, car on se heurte à l'esprit de routine et d'indépendance de l'artisan. Pour atteindre

son but, l'Institut de Karlsruhe dispose de plusieurs moyens :

C'est d'abord la propagande directe par collaboration des ingénieurs et des Associations de métiers.

Puis, une revue mensuelle « Die Betriebsführung » de création récente (janvier 1922) publiant des articles simples, illustrés, à la portée des travailleurs.

En troisième lieu, une exposition permanente installée à Karlsruhe dans les bâtiments du Ministère de l'Industrie et organisée de façon à mettre en évidence par des projections, des rapprochements suggestifs les avantages des méthodes ou des appareils préconisés (par exemple, l'Institut, ayant déterminé par une série de recherches rationnelles la meilleure forme de lumière pour le rabot à rainure, présente côte à côte à l'exposition l'ancien et le nouveau type ainsi que les quantités de copeaux débités respectivement dans le même temps, pour faire ressortir les qualités du nouvel outil).

Enfin des cours d'une semaine environ et des concours de temps en temps ont pour but d'éveiller et de stimuler le zèle et l'ingéniosité des artisans.

Cet effort que nous venons de décrire est extrêmement intéressant : il peut être rapproché d'un essai de moindre envergure, mais analogue, entrepris récemment en France, pour initier les agriculteurs aux nouveaux perfectionnements de la motoculture. Les Allemands comptent accroître encore les ressources de leur Institut et faire procéder à des études précises de temps et de mouvement qui sont particulièrement difficiles pour les travailleurs individuels. Nous nous trouvons donc en présence d'une organisation en voie de plein développement.

Ces faits mettent en lumière toute la sollicitude que l'on accorde outre-Rhin aux ateliers familiaux, aux artisans isolés, aujourd'hui de plus en plus nombreux, grâce aux applications multiples et à la souplesse de l'énergie électrique. Ces tentatives destinées à les seconder, à les diriger sont très instructives; elles accompagnent un mouvement général de recherches poursuivies en vue de l'application des méthodes de Taylor et de la Standardisation à

la grande industrie. L'Allemagne s'est résolument mise à l'étude ; elle a déjà obtenu des résultats fort satisfaisants : il y a lieu de penser qu'elle s'est engagée dans une voie intéressante et féconde.

UNE MACHINE PARLANTE SANS CONTACT GLISSANT

Par M. VALENSI,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

Le principe d'après lequel est établie cette machine parlante est nouveau et purement électrique. Cette machine consiste essentiellement en un électro-aimant entre les pièces polaires duquel circule, d'une manière continue, une sorte de courroie flexible contenant une substance magnétique à grains fins isolés les uns des autres, cette substance constituant une sorte de denture dont le contour reproduit la forme de l'oscillogramme des mots ou des sons que la machine parlante doit prononcer sans interruption.

Le but que cette machine doit atteindre est en effet de répéter indéfiniment les mêmes paroles ou les mêmes sons, ce qui ne saurait être obtenu avec un phonographe ordinaire qui présente nécessairement un contact glissant ; ce contact ne peut fonctionner un certain temps sans détériorer soit la pointe exploratrice, soit le disque ou le rouleau exploré.

Pour établir par des procédés automatiques (électriques et photographiques) le rotor de ce véritable alternateur parlant, on procède de la manière suivante : on utilise, en premier lieu, un oscillographe d'un genre spécial, constitué essentiellement par une lampe à 2 électrodes filiformes (figure 1) réunies par un croisillon de quartz ; cette lampe est alimentée (à travers deux bobines de self-induction S_1 et S_2 et une résistance élevée R de l'ordre de 100.000 ohms) par une batterie B de piles sèches ou de petits accumulateurs d'une tension légèrement supérieure à 300 volts environ. Les électrodes de cette lampe sont, d'autre part, raccordées à travers un condensateur C, au secondaire d'un transformateur T, dont le primaire est relié aux bornes de sortie

d'un amplificateur A à lampes à 3 électrodes ; les bornes d'entrée de cet amplificateur sont raccordées à un microphone en série avec sa pile microphonique (figure 1).

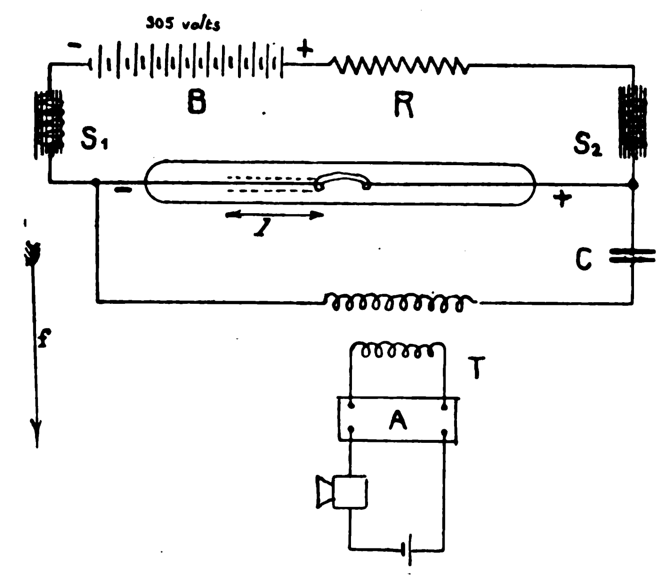


Fig. 1. — Oscillographe.

Supposons que la batterie de piles sèches B ait, pour fixer les idées, une tension de 305 volts, et supposons que le courant microphonique provenant du microphone devant lequel on parle superpose à cette tension, par l'intermédiaire de l'amplificateur A et du transformateur T, une tension alternative variant entre un maximum de + 5 volts et un minimum de — 5 volts. Il en résultera entre les 3 électrodes filiformes de la lampe spéciale une tension ondulée variant de 300 à 310 volts. Or, à partir de 300 volts, la décharge passe entre les 2 électrodes filiformes de cette lampe, et cette décharge produit sur la cathode une lueur bleue-violette, très photogénique, qui est connue sous le nom de *lumière négative* ; c'est cette même lumière qu'on utilise dans certaines lampes vendues dans le commerce comme lampes veilleuses. Cette lueur recouvre la cathode sur une longueur *l* qui est proportionnelle à la tension existant entre les 2 électrodes fili-

formes, longueur qui, par conséquent, variera suivant les fluctuations du courant microphonique. Si donc l'on déroule d'un mouvement uniforme un film cinématographique devant cette lampe dans le sens de la flèche *f* (figure 1), pendant qu'on parle dans le microphone, on obtiendra sur ce film un oscillogramme dont l'aspect sera conforme à la figure 2. En renforçant par des

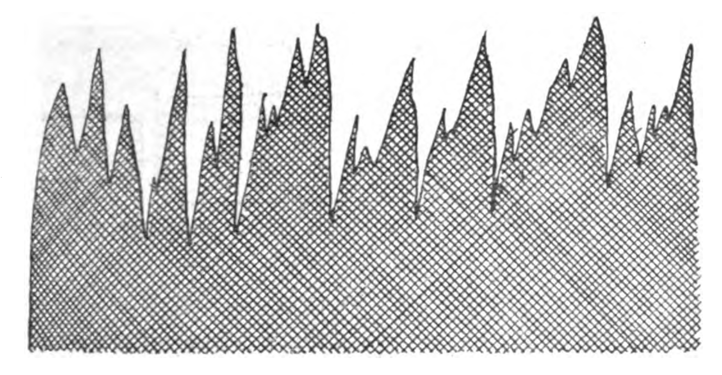


Fig. 2. — Oscillogramme d'un courant microphonique.

procédés photographiques bien connus le film après développement, on obtiendra un dessin à contrastes noir et blanc très vigoureux.

Par des procédés de photogravure sur métaux ou de photographie en relief au moyen de gélatine bichromatée, on obtiendra, en partant de cet oscillogramme noir et blanc, un moule en relief dont les saillies dessineront une denture de même profil que le courant microphonique correspondant aux mots ou aux sons qui ont impressionné le microphone de la figure 1.

Il ne reste plus qu'à tirer de ce moule une épreuve sur une substance flexible comme, par exemple, le papier flanc dont on se sert en imprimerie pour la confection des clichés, ou comme la substance qui sert de support dans les pellicules photographiques et qui est constituée par de la gélatine et du caoutchouc, ou sur toute matière équivalente. Entre ce moule en relief et une bande plane de substance analogue, on comprimera de la poudre de fer en grains très fins oxydés de manière à être électriquement séparés les uns des autres, ce qui réduira considé-

rablement par la suite les pertes par courants de Foucault dans le retor de la machine parlante. Un tel fer pulvérulent oxydé est utilisé actuellement, après compression, dans les noyaux des bobines Pupin du modèle le plus récent.

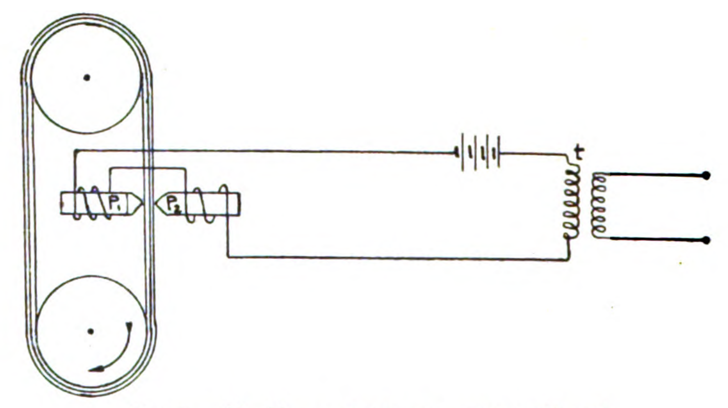


Fig. 3. — Machine parlante sans contact glissant.

Si les pièces polaires P_1 et P_2 (fig. 3) de l'électro-aimant servant de stator dans la machine parlante sont taillées de manière à présenter une arête vive dans le sens de la largeur de la bande sans fin formant retor ; si, d'autre part, les entrefers entre ces pièces polaires P_1 P_2 et ce retor sont faibles ; si enfin l'excitation de l'électro-aimant est suffisante, on obtiendra dans les enroulements de cet électro-aimant un courant ondulé reproduisant fidèlement le courant microphonique initial. Ce courant ondulé donnera à travers le transformateur t (fig. 3) un courant alternatif dont la forme d'onde correspondra fidèlement à des mots ou à des sons déterminés, se reproduisant constamment.

Voici quelques applications d'une telle machine parlante : Une machine de ce genre ayant un retor dont la denture reproduit la forme d'onde des mots « pas libre » peut alimenter, par exemple, les jacks d'occupation d'un multiple téléphonique à batterie centrale. Si l'alimentation de chaque jack d'occupation se fait à travers une ligne artificielle en H, correspondant à un affaiblissement de 3, deux abonnés quelconques reliés à des jacks d'occupation entendront nettement les mots « pas libre » au lieu

du signal vibré qu'ils reçoivent actuellement en pareil cas, mais ne pourront pas causer ensemble, puisqu'ils seront séparés par deux affaiblissements de 3 en série, soit un affaiblissement total de 6.

Lorsqu'un abonné a changé de numéro d'appel, on peut associer de même pendant quelque temps à son ancien jack d'appel une machine de ce genre, dont le retor correspondra au nouveau numéro d'appel de cet abonné. Toutes les personnes qui le demanderont à son ancien numéro d'appel recevront immédiatement le renseignement qui leur est utile.

De telles machines pourront probablement trouver une application également dans les gares de chemins de fer, et d'une manière générale dans tous les lieux publics, où un avis, toujours le même, doit être constamment répété au public.

Signalons, enfin, une dernière application très utile au point de vue des travaux de laboratoire. On sait que dans les mesures d'efficacité des appareils téléphoniques ou d'équivalents de transmission des installations téléphoniques, un opérateur doit constamment prononcer, devant deux microphones à comparer par exemple, les mêmes mots qui, dans les laboratoires du Service d'Études de l'administration des Postes et Télégraphes, sont les mots suivants : « Paris, Bordeaux, Le Mans, Saint-Leu, Léon, Loudun » ; ces mots ont été choisis de manière à grouper les syllabes les plus répandues dans la langue française. La phrase correspondante utilisée au Post Office britannique est : « one, two, three, four, five ». Cette besogne est évidemment fastidieuse et la machine parlante l'accomplira aussi bien qu'un opérateur vivant, sans que, au point de vue théorique, on puisse élever la moindre objection, puisque le courant engendré par cette machine parlante est rigoureusement identique à un courant microphonique.

REVUE DES PÉRIODIQUES.

PÉRIODIQUES EN LANGUES ÉTRANGÈRES

Le circuit super-régénérateur Armstrong (*Wireless World and Radio Review* : septembre 1922). — Le dispositif à trois lampes imaginé par le Major Armstong donne des résultats comparables à ceux qu'on peut attendre d'un super-hétérodyne à dix lampes. Son fonctionnement n'est pas compliqué, car chacun des rôles — régénération et amplification, variation de la résistance négative et détection — est assuré par une lampe distincte et sur un circuit de lampe particulier, chacun d'eux étant réglé indépendamment des autres.

Un amateur ne devra pas essayer de se servir d'une installation à super-régénération s'il n'est déjà complètement familiarisé avec un circuit régénérateur ordinaire. La super-régénération entraîne la production d'une nouvelle série d'harmoniques. L'amateur doit apprendre à les distinguer, et s'entrainer à effectuer les réglages qui s'imposent. Avec le circuit à trois lampes, il est moins difficile de trouver la cause de ces sons et d'effectuer les réglages nécessaires à leur élimination, que lorsqu'ils correspondent à des fréquences produites par l'action mutuelle des divers circuits groupés dans une ou deux lampes.

Le Major Armstrong conseille de se servir d'un cadre. En effet, avec une antenne, il se produit au moment du réglage, des harmoniques susceptibles de gêner les autres stations réceptrices. D'autre part, il faut employer des lampes « dures », c'est-à-dire à vide très poussé. Étant donné que la limite d'amplification qu'on peut obtenir correspond au débit maximum des lampes elles-mêmes, on conseille de se servir de lampes génératrices de 5 watts plutôt que de lampes détectrices. Le rendement du système super-régénérateur augmente en raison inverse du carré de la longueur d'onde.

Pour que le fonctionnement soit satisfaisant, la limite extrême est 1.000 mètres. On obtient un rendement extraordinaire avec des ondes de 360 m. qui sont précisément celles qu'on utilise en Amérique pour la radiotéléphonie d'information. Avec des ondes de 50 m., le rendement est encore accru.

Lors de ses essais, le Major Armstrong s'est servi d'un cadre de 28 décimètres carrés, avec dix tours de fil. C'est le stator du vario-coupleur habituel qui servait à réaliser l'accord (vario-coupleur « Grebe »). Un vario-coupleur type a un diamètre de 88 mm. ; tous les 10 tours, il y a un bobinage de 100 spires.

Le circuit de l'amplificateur ou circuit de la lampe régénératrice renferme le vario-coupleur secondaire, shunté par une capacité variable. Le rotor du vario-coupleur sert de bobine à réaction. Mais ici, l'inductance doit être le double de celle d'une bobine à réaction ordinaire. Cent vingt-cinq spires de fil n° 26 conviennent parfaitement.

Le condensateur variable C_1, utilisé pour l'accord, a une capacité de de 0,001 mf. Toutefois, la moitié de cette capacité est suffisante pour la plupart des installations. Une batterie négative B_1 remplace le condensateur de grille habituel ainsi que la forte résistance de grille (grid leak). Cette batterie doit pouvoir varier de zéro à cinq volts, afin qu'on puisse calculer la valeur qui convient le mieux à la lampe particulière utilisée.

L'oscillateur à lampe empêche périodiquement la production d'oscillations dans son propre circuit ; pour empêcher que la lampe ne cesse tout à coup de fonctionner, on utilise généralement des tensions de plaque très élevées. La limite que peut atteindre la tension de plaque dépend de la lampe elle-même. Aussi, utilise-t-on une batterie pouvant donner de 80 à 100 volts.

Le circuit de l'oscillateur à lampe est couplé au circuit de la lampe amplificatrice à travers la dérivation située tout en haut du vario-coupleur. La plupart du temps, on obtient le meilleur résultat en se servant de la dernière spire en haut du vario-coupleur. Toutefois, si cela ne va pas, lorsque l'appareil fonctionne, on essaie l'une après l'autre chacune des cinq dernières spires en commençant par la dernière ; parfois les résultats sont meilleurs si l'on s'éloigne

légèrement du bout de la bobine. C'est le circuit du filament qui assure le couplage avec le circuit de l'oscillateur.

Dans ce circuit, on fait varier la résistance négative du circuit régénérateur en faisant varier la résistance positive du circuit. Lorsque l'oscillateur à lampe est conductif, il court-circuite pratiquement l'inductance du secondaire ; lorsque l'oscillation s'inverse dans le circuit de l'oscillateur à lampe, sa résistance devient très grande.

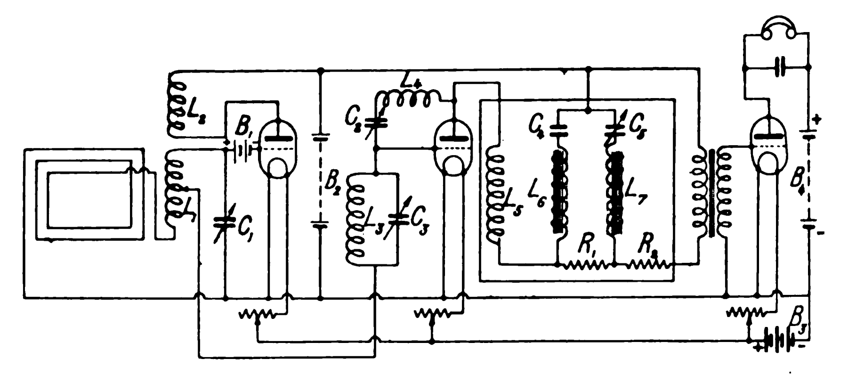


Fig. 1.

L_1 = Inductance d'accord.
L_2 = Bobine de réaction.
C_1 = Condensateur d'accord (0,001 mf.).
B_1 = Batterie de grille (0 — 5 volts).
B_2 = Batterie de plaque (80 — 100 volts).
C_2 = Capacité (0,001 mf.) de couplage du circuit de l'oscillateur à lampe.
L_3 = Inductance de l'oscillateur (1.250 spires).
C_3 = Capacité de l'oscillateur (0,0025 mf.)
L_4 = Bobine de réactance (5 millihenrys).
L_5 = Bobine de réactance (1.500 spires).
L_6, L_7 = Bobines de réactance avec fer (1 henry).
B_3 = Batterie de chauffage.
B_4 = Batterie de plaque (200 volts).
R_1, R_2 = Résistances (12.000 ohms).
C_4 = Condensateur fixe (0,005 mf.).
C_5 = Condensateur variable (0,005 mf.).

On détermine la fréquence des oscillations engendrées dans la seconde lampe, en réglant L_3 et C_3. Lorsqu'on a trouvé la valeur convenable, il n'y a plus lieu d'y revenir.

Le Major Armstrong se sert d'une bobine bilatérale de 1.250 spires shuntée par une capacité variable de 0,0025 mf.

Le circuit de plaque de l'oscillateur à lampe est couplé au circuit de grille à travers C_2, condensateur variable d'une capacité de 0,001 mf. Une bobine de réactance sans fer de 5 millihenrys barre la route aux oscillations de fréquence audible. C'est du réglage de C_2 que dépend l'amplitude des oscillations engendrées.

La tension de plaque de l'oscillateur à lampe est fournie par la lampe génératrice à travers le circuit du filtre.

Le circuit filtrant est composé d'une bobine bilatérale de 1.500 spires, en série avec deux résistances non inductives de 12.000 ohms. Deux bobines de réactance avec fer, ayant une inductance de un henry, en série avec une capacité fixe de 0,005 mf. et une capacité variable de 0,005 mf. respectivement, complètent le circuit filtrant. On obtient des résultats satisfaisants en supprimant la bobine L_6. On peut d'ailleurs utiliser tout autre circuit filtrant convenable.

L'énergie débitée par la lampe génératrice et l'oscillateur à lampe est appliquée à un transformateur ordinaire qui, à son tour, applique les courants de fréquence audible à la lampe détectrice. Le circuit de la lampe détectrice n'offre rien de particulier, sauf que la tension de plaque est extraordinairement élevée : elle est fournie par une batterie de 200 volts.

La première manœuvre à effectuer consiste à s'accorder sur les signaux d'arrivée ou moyen de C_1. On fait ensuite fonctionner l'oscillation à lampe en réglant correctement C_2. Dès qu'on perçoit dans les téléphones le « clic » bien connu, qui indique que l'oscillateur commence à fonctionner, on augmente graduellement le couplage à réaction. Le plus souvent il faut alors régler à nouveau C_1 pour obtenir une syntonie plus parfaite. C_3 et C_5 sont réglés une fois pour toutes.

Dans certains cas, on améliore l'intensité des signaux en inversant la batterie de chauffage. Si les résultats ne sont pas satisfaisants lorsque, par ailleurs, le circuit fonctionne normalement, essayez alors d'inverser les connections de la batterie de chauffage.

La figure 2 représente un circuit super-régénérateur dans lequel toutes les fonctions sont remplies par une lampe unique. On s'en est servi dans un immeuble en béton armé distant de 40 km. de la station la plus voisine. En recevant sur cadre, l'intensité des signaux était si grande qu'ils « paralysaient » complètement les écouteurs. En utilisant un haut-parleur, on a pu faire entendre un radio-concert aux quatre coins d'une salle immense.

Un pareil circuit impose des réglages excessivement minutieux.

L_1 et L_2 représentent le vario-coupleur dont il a été question plus haut ; L_3 et L_4 sont des selfs bilatérales à 1.250 et 1.500 spires respectivement, shuntées par des condensateurs variables de 0,0005 mf. La tension de plaque est de 80 volts. La capacité fixe de C_4 est égale à 0,001 mf. ; C_5 a une capacité de 0,001 ; les résistances sont de 12.000 ohms ; la bobine de réactance a une inductance de un henry.

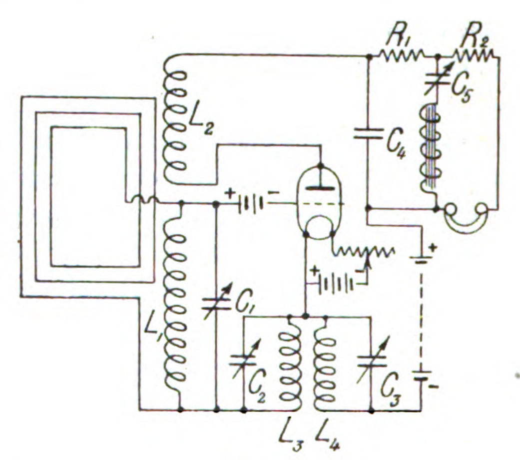


Fig. 2.

L_1 = Inductance d'accord.
L_2 = Bobine de réaction.
C_1 = Condensateur d'accord (0,001 mf.).
C_2 = Condensateur du circuit du premier oscillateur (0,005 mf.).
L_3 = Inductance — — (1.250 spires).
C_3 = Condensateur du circuit du second oscillateur (0.005 mf.).
L_4 = Inductance — — (1.500 spires.
C_4 = Capacité fixe (0,005 mf.).
C_5 = Condensateur du circuit filtrant (0,001 mf.).
R_1, R_2 = Résistances (12.000 ohms).

Il est probable qu'avant longtemps les amateurs auront construit des centaines de circuits super-régénérateurs et qu'ils réussiront à y apporter de notables simplifications. Bien qu'il faille une grande patience pour apprendre à régler convenablement ces circuits, ils donnent de tels résultats que les intéressés sont largement payés des efforts qu'ils ont faits en vue de les obtenir.

La radiotéléphonie d'information par conducteurs à haute tension. — (R. D. Duncan, Jr; *Electrical World* : 19 août

1922.) — La radiotéléphonie d'information est dans sa deuxième année ; son développement extraordinairement rapide a occasionné une véritable congestion de l'éther pour les longueurs d'onde voisines de 360 m., au point que le Gouvernement et les Compagnies exploitantes ont essayé de remédier à la situation. On sait que des gammes de fréquences bien déterminées ont été définitivement attribuées aux différents services d'informations; c'est un premier pas dans une très bonne voie.

Le major-général George O. Squier a imaginé une autre méthode appelée à désencombrer l'éther : elle consiste à utiliser les lignes d'éclairage électrique et de transport d'énergie existantes pour guider les ondes radiotéléphoniques ; c'est une sorte de transmission dirigée, et il suffit de remplacer l'antenne des postes émetteurs et récepteurs par le réseau électrique. Dans l'ensemble, les appareils des postes extrêmes sont identiques aux appareils utilisés d'ordi-

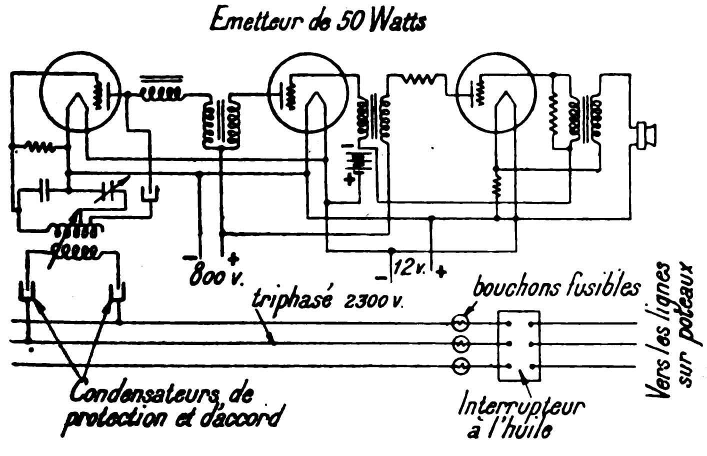


Fig. 1.

naire en téléphonie sans fil. De cette façon, les ondes ne rayonnent pas dans toutes les directions; elles sont guidées vers le poste de l'abonné et y arrivent par conséquent plus nombreuses. Ce système permet de réaliser au départ des économies d'énergie, et lorsque les longueurs d'onde sont choisies avec soin, les pertes par rayonnement sont réduites à un minimum. En d'autres termes, on peut relier le poste émetteur au réseau électrique par l'intermédiaire d'une douille

de lampe ; l'appareil récepteur est, lui aussi, relié au réseau de la même manière, exactement comme un fer à repasser ou une rôtissoire électrique. C'est exactement ainsi que l'on a procédé en mars et avril 1922, au cours des essais effectués à Washington sur la ligne à haute tension de la « Potomac Electric Power C° » ; la transmission de concerts vocaux et instrumentaux a parfaitement bien réussi sur une ligne à 115 volts.

Les possibilités de ce système et les répercussions qu'il est appelé à exercer sur l'industrie de l'éclairage électrique sont tellement évidentes qu'une compagnie de New York a mis son réseau de distribution à la disposition du Signal Corps pourqu'il continue ses expériences. En mai dernier, des essais satisfaisants ont eu lieu à Lakewood, localité voisine de Cleveland. Pour ces essais, le transmetteur était installé à environ 2 km. 1/2 de la sous-station de Lakewood; il était équipé de façon à pouvoir travailler soit sur les fils à 115 volts, soit sur une ligne triphasée à 2.300 volts. Le réseau de distribution de Lakewood est en majeure partie aérien ; toutefois, les lignes sont amenées dans la sous-station par des câbles souterrains de longueur variable. L'appareil émetteur était du type 50 watts ; on utilisait le procédé de modulation dans le circuit de grille par transformateurs spécialement construits dans ce but. Le poste récepteur comprenait une bobine d'accord, une lampe détectrice et un amplificateur à deux étages pour fréquences téléphoniques. Pendant presque toute la durée des expériences, on avait intentionnellement maintenu le circuit de réception dans la situation rendant toute régénération impossible, de sorte que la seule amplification qu'on pouvait obtenir était due à l'amplificateur.

On essaya différents procédés de couplage aux lignes électriques des appareils de transmission et de réception. On obtint les meilleurs résultats en montant l'appareil émetteur entre deux fils quelconques de la ligne triphasée à 2.300 volts et l'appareil récepteur entre les fils à 115 volts et la terre. Apparemment, il y avait assez d'induction entre les conducteurs haute tension ou assez de capacité entre les câbles souterrains au voisinage immédiat de la sous-station pour que, en ce qui concerne la réception, on pût indifféremment relier le transmetteur à deux conducteurs quelconques de la ligne triphasée.

Les lignes aériennes étaient protégées contre les conducteurs haute-tension au moyen de condensateurs qui servaient en même temps à

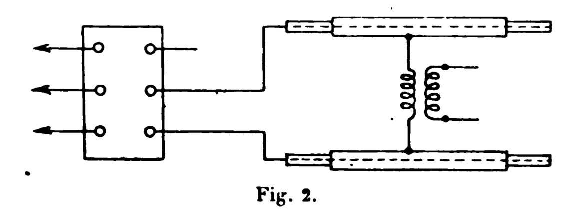


Fig. 2.

réaliser l'accord. Il existe une deuxième méthode particulièrement favorable lorsqu'on se sert de ligne de transport de force électrique à tension très élevée ; elle consiste à employer une section du câble haute tension en utilisant la capacité entre l'âme du câble et son armature pour faire le couplage, au lieu de recourir à des condensateurs de protection.

L'appareil récepteur était, suivant sa position, tantôt branché sur une douille de lampe, tantôt relié au réseau électrique sur un poteau supportant les fils à 115 volts.

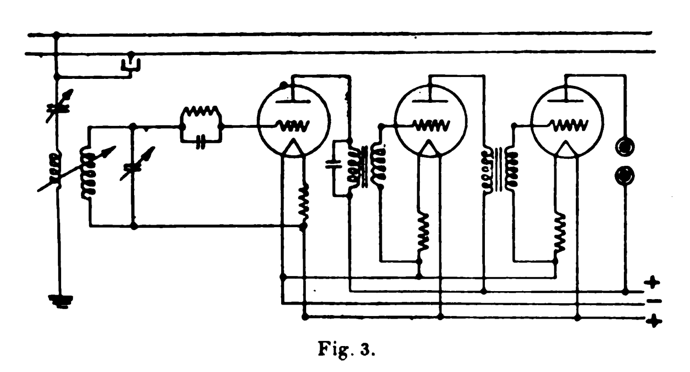


Fig. 3.

On essaya 5 longueurs d'onde : 350, 420, 710, 3.800 et 13.000 mètres. Lorsque la réception se faisait en différents points de la ligne, les trois dernières longueurs ne donnaient pas des résultats constants ni sûrs. De plus, avec de plus courtes longueurs d'onde, on constatait un rayonnement appréciable puisqu'on pouvait obtenir une bonne réception sur antenne à plusieurs kilomètres du poste émetteur. Cette dernière constatation est plus ou moins con-

traire à certaines suppositions théoriques relatives aux phénomènes de radiation sur les lignes de transmission à haute fréquence. Pour réduire ce rayonnement et l'affaiblissement (ou dissipation linéaire) de l'énergie à haute fréquence utile (lequel diminue lorsque la longueur d'onde augmente), on porta successivement la longueur d'onde à 3 800, puis à 13.000 mètres. Celle de 3.800 m. donne les meilleurs résultats au double point de vue du volume des sons reçus et de la qualité de la modulation. En supposant que les conditions de l'appareil d'émission étaient rigoureusement les mêmes pour ces deux longueurs d'onde, cette constatation indiquait l'existence d'une longueur d'onde optimum pour le réseau de distribution électrique servant aux essais ; on pouvait en conclure qu'il existe probablement une longueur d'onde optimum propre à tout réseau d'énergie ; mais, le temps a manqué pour étudier la gamme des longueurs d'onde comprises entre 3.800 et 13.000 mètres et pour trancher définitivement la question.

Pour étudier l'effet de rayonnement, on fit des comparaisons de réception sur fils à 115 volts et sur antenne, partout où ce fut possible. Pour les essais avec ondes de 3.800 et 13.000 mètres (et avec un courant de ligne du même ordre de grandeur pour des longueurs d'onde plus courtes), la réception sur antenne était par intermittence la plus faible. Les conditions du poste récepteur restant les mêmes, les fils d'éclairage donnaient une audition très nette. On a obtenu des résultats identiques pour un grand nombre d'essais ; on pense que les choses sont toujours ainsi.

Les essais de réception eurent lieu dans 17 localités voisines de Lakewood ; parfois, on en fit plusieurs dans la même localité ; la plus éloignée était distante du poste émetteur de 7 kilomètres à vol d'oiseau. Si l'on en juge par l'intensité sonore des signaux reçus, on aurait pu recevoir à des distances plus considérables. On s'est efforcé de recevoir sur des fils haute tension autres que ceux auxquels le poste émetteur était relié ; l'énergie à haute fréquence reçue était alors retransmise à la sous-station, d'où elle repartait sur un conducteur différent vers le poste récepteur, à travers un transformateur réducteur de tension. Avec une longueur de 3.800 m., tous

les essais effectués dans le district de Lakewood ont donné des résultats positifs.

A noter que pendant les essais aucune modification n'était apportée au système de transmission d'énergie ; aucune ne fut reconnue nécessaire. Contrairement à l'opinion admise, on n'eut besoin d'aucun condensateur ni circuit d'équilibre spécial dans les nombreuses stations de transformation échelonnées le long des lignes. Si les transformateurs ne fonctionnaient pas dans la forme habituelle, il y avait cependant entre les enroulements primaire et secondaire une capacité suffisante pour offrir aux courants à haute fréquence une voie dont la réactance était assez faible. De plus, l'énergie transmise était si faible, que les tensions haute fréquence appliquées aux lignes de lumière étaient peu élevées et ne pouvaient endommager ni les conducteurs ni les installations électriques.

Des essais faits à Washington et à Cleveland, on peut tirer les conclusions suivantes :

1°) la radiotéléphonie d'information par conducteurs d'énergie électrique est parfaitement réalisable ;

2°) en choisissant convenablement les longueurs d'onde, on peut réduire sensiblement les pertes par rayonnement pour que celles-ci n'influent pas sur les communications sans fil en service actuellement. Les expériences faites dans les deux villes en question ont été forcément limitées.

Protection des lignes téléphoniques et télégraphiques contre les surtensions, par des coupe-circuits à gaz rares (*Zeitschrift f. Fernm. Werk und Gerätebau :* juillet 1922). — Un bon organe protecteur, — en raison de la faible capacité des lignes ($1,15 \times 10^{-2}$ μF par kilomètre, pour des circuits bifilaires distants de 20 centimètres), — doit emmagasiner momentanément les quantités relativement faibles induites dans les circuits ou produites par les surtensions, tout en permettant aux postes téléphoniques de donner ou de recevoir les communications. D'autre part, il faut que cet organe puisse supporter une certaine charge (par exemple lorsqu'une rupture de conducteur met en contact un fil avec un conducteur d'une ligne d'énergie), jusqu'à ce que le

plomb du fusible fonde. Les tubes à gaz rares, que l'on se propose d'étudier ici, répondent à ces deux conditions. Ce sont ces considérations qui ont conduit à leur découverte.

Les limites de fonctionnement des dispositifs contre surtensions employés jusqu'ici sont très étendues ; elles sont de 1 volt (coupe-circuits à huile, cohéreurs) à 800 et même 1.000 volts (paratonnerres à plaques) ; elles sont d'environ 400 volts pour les paratonnerres à vide à électrodes en charbon. En raison du peu de sécurité qu'ils présentent, les coupe-circuits tournants à huile ne sont guère employés que dans les centraux téléphoniques pour protéger en dernier ressort l'appareil de la téléphoniste. Chez les abonnés, on utilise généralement des parafoudres plus pratiques. Parmi ceux-ci, le coupe-circuit à vide est à signaler car, après une série de décharges, il revient rapidement à son état primitif et il permet ainsi de revenir à un bon état d'isolement aussitôt après le passage des surtensions. La limite de réaction des coupe-circuits à vide à électrodes en charbon (cartouches à vide), c'est-à-dire 400 volts en courant continu, est beaucoup trop élevée ; en effet, la décharge d'une capacité de 1μF soumise à une tension de 350 volts (ce qui correspond à une énergie de $6{,}04 \times 10^{-2}$ watts/s) produit, — l'expérience l'a démontré souvent — des craquements assourdissants dans les écouteurs téléphoniques. Dans la pratique, les courants à haute fréquence exercent un fâcheux effet sur la membrane qui finit par perdre une grande partie de ses qualités vibratoires. C'est ce qui se passe notamment lorsque sous l'effet de l'électricité atmosphérique un conducteur du circuit se charge davantage que le second conducteur, ou bien lorsque les cartouches protectrices ont une conductivité différente (leur décrément respectif n'étant pas le même), car il se produit sur les enroulements du téléphone des différences de potentiel momentanées considérables. Comme l'effet acoustique correspondant est supportable jusqu'à 100 volts, on pourrait prendre cette valeur pour calculer la limite de réaction d'un coupe-circuit à cartouche posé entre le conducteur *a* et le conducteur *b* (coupe-circuit embroché). Les courants d'appel ne dépassent pas 70 volts efficaces ; avec 100 v. on se trouverait bien dans les limites des courants normaux de régime.

Naturellement, un pareil dispositif ne suffirait pas à lui seul. Il faudrait, le cas échéant, lui adjoindre un coupe-circuit à fil fusible, si, par exemple, les deux fils du circuit téléphonique entrant en contact avec une ligne d'énergie, il s'y produisait une différence de tension supérieure à 100 volts (différence l'un par rapport à l'autre, ou par rapport à la terre). En effet, les coupe-circuits à vide utilisés actuellement ne sont efficaces que pour des surtensions de l'ordre de 400 volts continus ou 250 volts alternatifs ; ils ne servent donc à rien pour des surtensions de 220 volts ou de 110 volts (lignes d'énergie). On voit l'intérêt que présente l'abaissement de la limite de réaction des coupe-circuits à vide.

Le problème a été résolu en faisant appel au principe bien connu du faible *potentiel minimum* de la décharge automatique dans les gaz rares. On a obtenu les potentiels minima les plus bas, en utilisant des métaux fortement électropositifs (potassium, sodium, baryum, magnésium, etc...) pour fabriquer la cathode. On sait (1) que dans un mélange de néon et d'hélium, avec une pression de 2 millimètres, la tension d'amorçage de l'arc tombe à 104 volts si l'on recouvre la cathode, en forme de pointe, d'une couche de potassium.

La guerre a interrompu les expériences ; elles n'ont pu être reprises qu'en 1921 ; elles le furent dans le but d'abaisser encore la tension d'amorçage des tubes remplis de gaz rares. Les nouvelles expériences faites avec des gaz purifiés ont révélé que le potentiel minimum dépendait de divers facteurs dont on n'avait pas suffisamment tenu compte jusque-là. Il est influencé non seulement par la forme. mais par l'espacement des électrodes. On arrive, à l'effet connu du rayon de courbure de la cathode (effet de pointe) et à l'influence caractéristique de la dimension du champ électrique entre les électrodes. Toutes choses égales d'ailleurs, la tension d'amorçage sera d'autant plus basse qu'un plus grand volume de gaz sera traversé par les lignes de force.

En outre, si l'on reprend la question d'une plus grande pureté du gaz et des métaux alcalins dont sont revêtues les électrodes, on

(1) Voy. *E. T. Z.*, n° 7 (1915).



constate que les tubes ainsi construits ont une tension d'amorçage beaucoup plus basse que les auteurs précédents ne l'ont indiqué. Ainsi, pour un tube à néon à électrodes recouvertes de potassium et sodium, on avait donné jusqu'ici de 145 à 150 volts, tandis que les essais, repris dans des conditions de propreté parfaites et avec des électrodes très plates et rigoureusement parallèles, ont donné 90 volts environ. Pour les tubes préservateurs à gaz rare comme pour les coupe-circuits à vide, la limitation, nécessaire pour des raisons techniques, du volume de l'ampoule impose une limite à l'abaissement de la tension d'amorçage. Avec des électrodes en potassium pur, de dimensions convenables, on a obtenu dans différents mélanges de gaz, les valeurs indiquées sur le tableau ci-dessous. On a constaté que les tubes à électrodes revêtues d'oxydes renfermant 80 °/₀ ou plus de métal pur présentaient également une valeur plus basse du potentiel minimum.

Potentiels minima dans des gaz rares, mesurés entre deux électrodes cylindriques concentriques, revêtues de potassium, ayant un diamètre de 13 à 19 mm. et une hauteur de 16 millimètres.

Néon-hélium (3 : 1)			Néon-hélium (3 : 1) avec 0,9 °/₀. d'argon,			Argon		
Pression en mm.	Potentiel minimum (V)		Pression en mm.	Potentiel minimum (V)		Pression en mm.	Potentiel minimum (V)	
	Cylindre extérieur	Cylindre intérieur		Cylindre extérieur	Cylindre intérieur		Cylindre extérieur	Cylindre intérieur
20	107	111	20	80	76	14	98	98
18	109	109	18	80	76	12,1	95	95
14,9	108	108	16,5	81,5	76	10	90	95
11,7	110	106	14	82	76	8,2	87	91
9,7	113	106	12,5	84	78	5	84	85
8,1	116	107				4	85	84
6,8	116	109	8	86	82	2,8	88	83
5,6	118	111	6,5	90	84	2	89	82
4,25	122	115	4,6	95	90	1,1	93	90
1,8	140	135	2	115	118	0,6	105	99

Mais, pour qu'ils remplissent complètement leur rôle, il ne suffit pas que les tubes à gaz rares soient efficaces à des tensions inférieures à 100 volts. Il faut encore qu'après la décharge, le passage à

la phase de l'arc soit très rapide. Avec des métaux alcalins purs, ce changement de caractéristique ne se produit pas sûrement, tant que la tension reste basse. Il se ferait plus facilement si l'on amalgamait les métaux alcalins à une certaine quantité de mercure, car alors on supprimerait l'inflammabilité du métal à l'air et la puissante réaction chimique par rapport au verre de l'ampoule. Grâce à ce que son point de vaporisation est très bas, le mercure est cause de la formation de la tache différentielle de l'arc sur la cathode.

La figure 1 représente un circuit à vide de ce genre (modèle à 2 pôles). Les mesures montrent que ce modèle concorde avec les paratonnerres à vide employés jusqu'ici couramment. Les mesures sont indiquées en millimètres. La figure 2 représente schématiquement l'intérieur du tube. Dans l'ampoule 1 se trouve l'électrode 4 formée d'un treillis revêtu d'un amalgame de métal alcalin et de mercure. Au bas de l'appareil, une deuxième électrode, de même conditionnée mais plus petite, est prise dans la masse de l'alliage 5. Sous l'effet des décharges, la paroi intérieure du tube est vite revêtue d'une couche très mince de poussières métalliques.

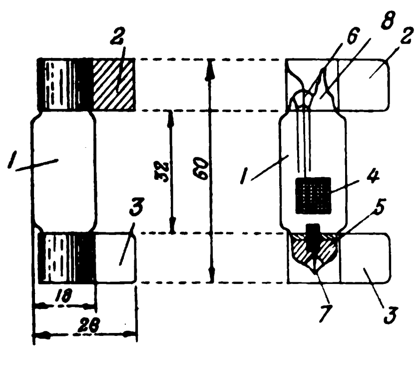


Fig. 1. Fig. 2.

Aux deux bouts sont les prises de contact (2 et 3) disposées comme pour les coupe-circuits à vide actuels. En 6 et 7, on voit les fils fusibles qui amènent le courant dans le tube. Ils sont soudés aux contacts 2 et 3.

Les figures 3 et 4 représentent deux autres types de coupe-circuit à gaz rare. Le premier est à deux pôles, le second est à trois pôles ;

la figure 6 montre comment ceux-ci sont disposés. Dans ces deux modèles, le courant arrive au tube par un culot à pas de vis Klein-Edison. La liaison entre le troisième pôle et la terre est assurée au moyen d'un manchon métallique (9) cimenté sur le tube. Le tube doit avoir rigoureusement les dimensions indiquées.

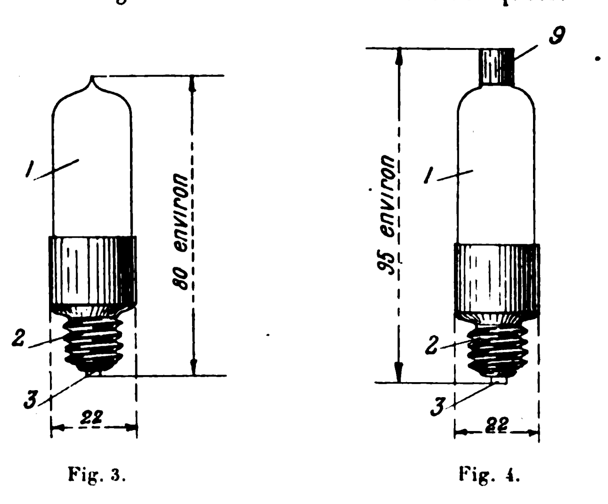


Fig. 3. Fig. 4.

Les tubes sont remplis d'argon pur à une pression de 2 jusqu'à quatre millimètres de mercure. L'écart entre électrodes est en moyenne de 3 millimètres. Dans ces conditions, les tubes ne s'amorcent pas tant que la tension n'excède pas 90 ou 95 volts ; de même pour une tension alternative efficace de 90 à 100 volts. Lorsque les courants d'appel (60 à 70 volts efficaces) traversent le tube, il se produit une petite décharge lumineuse qui ne les affaiblit pas sensiblement et qui possède l'avantage d'éliminer la pointe effilée de leur courbe de tension. La résistance de l'arc de ces coupe-circuits à gaz rare est d'environ 6 Ω sous 1 ampère ; elle tombe à environ 0 Ω 5 sous 10 ampères. Les ampérages des fusibles, que les nouveaux coupe-circuits sont appelés à remplacer, se calculent d'après la résistance totale de la ligne sur laquelle ils sont placés. Si cette résistance n'est pas supérieure à 25 Ω, on peut se servir des coupe-circuits à fusible dont le fil grille sous 3 ampères ; si elle varie entre 25 et 35 Ω, des fusibles pour 2 ampères s'imposeront ; enfin si elle varie entre 35 et 45 Ω, on utilisera des fusibles d'un ampère et demi.

Des décharges ayant l'intensité voulue et répétées un grand nombre de fois n'ont pas fatigué les tubes à gaz rare. Au cours des essais par décharges de condensateurs atteignant 1 W/s., on fit passer plus de 10.000 décharges dans certains tubes fabriqués à Berlin par la Société Julius Pintsch.

Les figures numérotées de 5 à 9 représentent les montages usuels des coupe-circuits à gaz rare. La figure 5 représente le montage mis à l'essai par l'Administration allemande des Télégraphes : le coupe-circuit « embroché » sert à empêcher que les différences de tension qui pourraient se produire entre le conducteur *a* et le conducteur *b* d'un même circuit, n'influent sur les appareils téléphoniques. On a

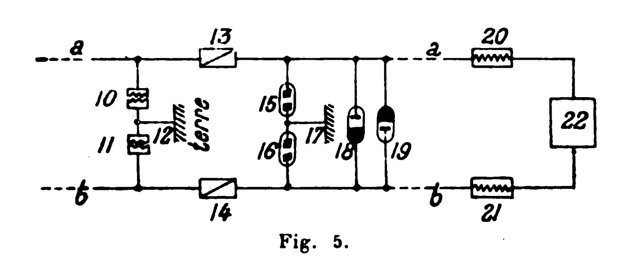


Fig. 5.

conservé les paratonnerres à plaques 10 et 11, les parafoudres ordinaires à charbon 15 et 16 intercalés derrière les coupe-circuits 13 et 14. Une seule prise de terre pour 15 et 16 : (fil 17). Après les coupe-circuits pour faibles intensités 20 et 21, on trouve le meuble téléphonique (22). Comme les tubes 15 et 16 opèrent quand les tensions sont comprises entre 90 et 400 volts environ, on a ajouté les coupe-circuits 18 et 19 reliés directement aux deux fils du circuit : ils sont donc en dérivation sur le récepteur téléphonique. Les tubes à gaz rare 18 et 19 du type primitif ont une certaine polarité, c'est-à-dire qu'ils ne laissent pas passer le courant avec autant de facilité dans les deux sens. C'est pourquoi 18 est disposé dans un sens et 19 dans l'autre. En employant deux coupe-circuits embrochés on y gagne en sécurité, car si l'un est en mauvais état, l'autre assure une protection suffisante au poste 22. On peut encore utiliser des coupe-circuits non polarisés, et, dans ce cas, à la rigueur un seul suffit avec le montage représenté schématiquement sur la figure 5. Lorsqu'un arc s'y formera, on n'entendra dans le

téléphone qu'un très léger « clic ». D'après la même figure, on se rend compte que 18 et 19 servent normalement à faire disparaître les différences momentanées de tension entre les deux fils du circuit ; mais, au cas où les deux fils du circuit (ou l'un seulement) viendraient en contact avec une ligne électrique dont la tension est élevée *par rapport au sol*, ils ne sauraient remplacer les coupe-circuits 13 et 14. Dans ce cas, les tubes 15 et 16 entreraient en action, ce qui ne se produit que pour des tensions supérieures à 400 volts.

C'est seulement lorsque la ligne se rompt, ou lorsque l'un des deux fils est mis à la terre pour une autre cause accidentelle quelconque alors que l'autre reste en contact prolongé avec une ligne d'énergie, que les tubes 18 et 19 sont chargés fortement. Aussi les fils d'entrée de ces tubes ont une dimension telle qu'ils puissent supporter jusqu'à 6 ampères pendant une seconde.

L'étude du fonctionnement simultané des tubes embrochés a conduit à l'invention d'un appareil (voy. fig. 6) qui à lui seul remplit les diverses fonctions incombant aux tubes 15, 16, 18, 19 (fig. 5) ; c'est un tube à trois électrodes dont la figure 4 donne

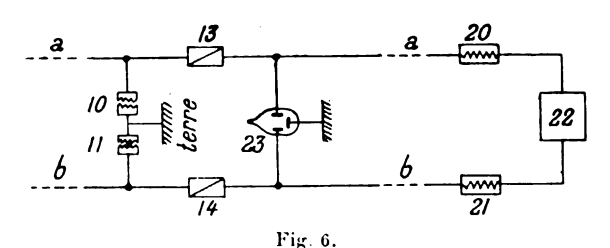


Fig. 6.

une vue d'ensemble. On conserve les paratonnerres 10 et 11, les coupe-circuits pour courants forts 13 et 14 et les coupe-circuits pour courants faibles 20 et 21. Le tube 23 équilibre les surtensions temporaires entre les deux fils du circuit à partir de 90 volts environ et protège ainsi le téléphone. Si la différence de potentiel est de 90 à 95 volts continus ou de 90 à 100 volts alternatifs, et se prolonge assez longtemps, les coupe-circuits pour courants très intenses fonctionnent (13 et 14). De même si les deux fils (ou si l'un des deux seulement) entrent en contact avec une ligne haute tension. Donc le tube à trois électrodes est le meilleur dispositif de

protection contre tous les troubles susceptibles de se produire ; il simplifie l'installation et permet de réaliser des économies de matériel.

La figure 7 montre comment on utilise le tube à deux électrodes à gaz rare sur une installation télégraphique ; le tube 24 isole l'appareil morse 25 de la ligne *a* au cas où un courant beaucoup plus intense que le courant normal arrive sur celle-ci. Ici, 13 représente le coupe-circuit à fil fusible, et 10 un coupe-circuit pour courants

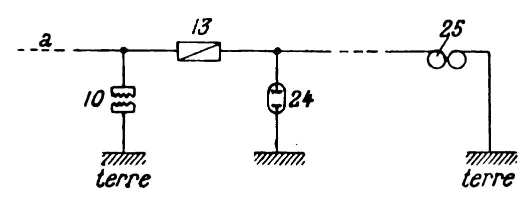


Fig. 7.

forts. On voit comment fonctionne l'installation ; il serait superflu d'y revenir. Étant donné qu'en télégraphie on utilise souvent des tensions pouvant atteindre 180 volts, la limite de réaction du tube 24 a été relevée en conséquence d'une façon sensible. Il a suffi pour cela de changer l'écart entre électrodes ainsi que la pression du gaz, sans toutefois modifier les caractéristiques du tube indiquées plus haut. Sur les lignes télégraphiques des chemins de fer qui fonctionnent avec 160 v., on utilise des tubes à deux électrodes (fig. 3), qui jouent à partir de 200 v. et des coupe-circuits à fusible dont le fil fond à partir de 6 ampères.

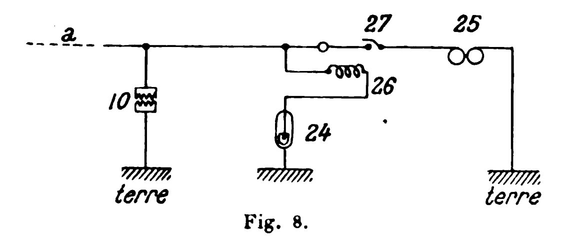


Fig. 8.

La figure 8 représente un dispositif qui permet aussi d'isoler l'appareil morse 25 de la ligne *a* en cas de surtension : le coupe-circuit est remplacé par un interrupteur électromagnétique 26, 27. Ici, 10

représente un coupe-circuit pour courants forts, 24 un tube à gaz rare qui fonctionne lorsque la tension dépasse la valeur de régime ; ce tube est construit non pour la décharge par arc, mais pour la décharge de tension critique ; sa résistance intérieure est très élevée (70.000 Ω environ pour 1 m A). En série avec le tube, se trouve la bobine d'électro 26 ; lorsque l'électro est excité, l'armature 27 interrompt la communication entre la ligne et l'appareil à protéger aussi longtemps que la ligne est soumise à la surtension. Lorsque celle-ci disparaît, le tube 24 s'éteint et l'interrupteur 26, 27 rétablit automatiquement la communication. Des considérations économiques ont permis de se rendre compte que, malgré son prix élevé, l'interrupteur électromagnétique est finalement avantageux, parce qu'il permet de se passer des coupe-circuits dont la surveillance est coûteuse et parce qu'il se détériore moins rapidement que les tubes à décharge par arc.

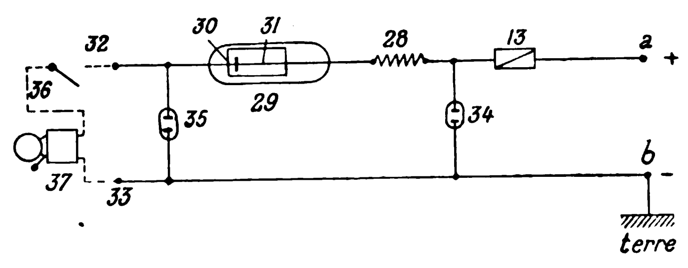


Fig. 9.

On peut utiliser le montage de la figure 8 sur les circuits téléphoniques, en se servant d'un tube à trois électrodes pour interrompre automatiquement un ou deux fils d'un circuit téléphonique mis accidentellement en contact avec une ligne haute tension.

La figure 9 représente comment on emploie, sur les *réducteurs* de tension, les tubes coupe-circuit à gaz rare. On se sert des réducteurs pour maintenir à une valeur suffisamment basse la tension prélevée sur une ligne électrique pour actionner des appareils à courant faible, des sonneries le plus souvent. *a* et *b* représentent les bornes de jonction avec le réseau haute tension ; le conducteur *b* par exemple étant relié à la terre, le courant traverse le fusible 13, la résistance protectrice 28, le tube réducteur 29, entre les électrodes 30

et 31 duquel la majeure partie du courant est consommée, puis l'appareil pour courants faibles placé entre les bornes 32 et 33, et représenté ici par le bouton d'appel 36 et la sonnerie 37. Partant de 33, le courant revient en *b*. Ces réducteurs présentent un inconvénient qui peut devenir dangereux : l'énergie élevée qui pénètre dans 29 peut couder les électrodes 30 et 31 et les mettre an contact l'une de l'autre ; en pareil cas, le courant arriverait en totalité en 32 ; ce serait dangereux pour les conducteurs de l'installation dont l'isolement est faible et pour les personnes qui les toucheraient accidentellement. Il existe un autre danger au cas où la tension de la ligne électrique augmente accidentellement ; le tube 29 étant intact, la tension normale (tension du réseau électrique moins la tension du tube) devient trop élevée entre les points 32 et 33. Pour y parer on a recours au tube à gaz rare 34 ; le tube identique 35 sert au cas où il se produirait un court-circuit entre les électrodes 30 et 31. La limite de réaction du tube 34 est telle qu'il ne joue pas si la tension sur la ligne d'énergie reste normale, mais qu'il joue si cette tension se relève dans certaines proportions. Par exemple si la tension entre *a* et *b* est de l'ordre de 220 volts, le tube fonctionnera lorsque cette tension s'élèvera à 240. Le courant de décharge fait fondre le coupe-circuit 13 et l'installation se trouve isolée de la ligne haute tension. Le tube 35 est en dérivation entre les bornes 32 et 33 ; normalement aucun courant n'y passe, parce qu'il est en série avec 29 et que la tension de 220 volts est insuffisante pour les actionner l'un après l'autre. Cependant, si les électrodes de 29 viennent à se toucher, les 220 volts arrivent en 32 et 33 ; l'arc jaillit aussitôt entre les électrodes de 35. Aussitôt, le fil fusible de 13 grille et l'installation se trouve à nouveau isolée du réseau haute tension. On devrait généraliser l'emploi des coupe-circuits à gaz rare sur les installations pour courants forts et pour courants faibles.

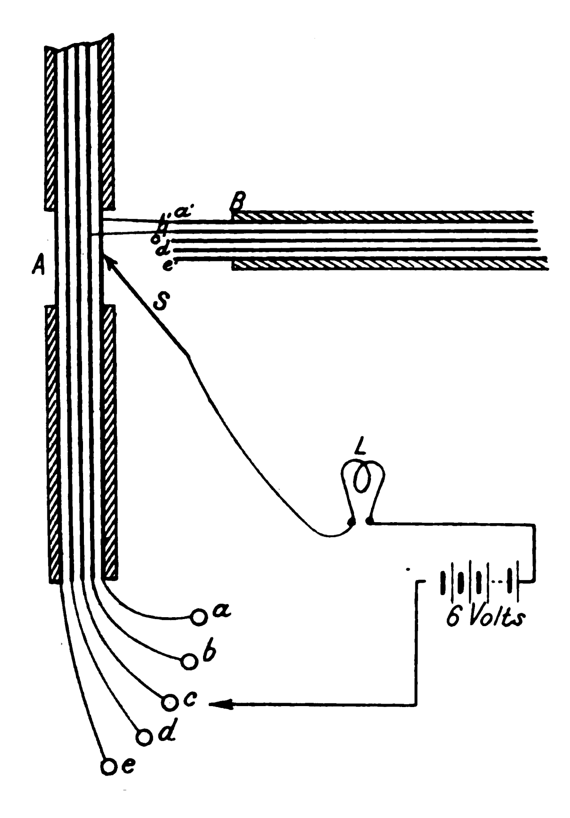
INFORMATIONS ET VARIÉTÉS.

Mode de reconnaissance des conducteurs d'un câble télégraphique en service. — Lorsque par suite de transformations à effectuer dans l'agencement d'un bureau télégraphique, il est nécessaire de changer la direction des conducteurs intérieurs constitués généralement par un faisceau de câbles sous gutta ou sous papier, ces câbles ont rarement la longueur voulue pour aboutir au nouveau point terminus : ils doivent être rallongés ou raccourcis. Ces opérations effectuées en plein service apporteraient de graves perturbations dans le trafic du bureau. Afin de limiter au minimum les interruptions on est donc conduit à faire ce travail pendant la nuit.

Une solution qui provoque le minimum d'interruptions, même lorsqu'on opère en plein travail, consiste à choisir judicieusement un point de changement de direction de la canalisation en conservant la portion des câbles qui n'a pas à changer de parcours et en raccordant en ce point des sections de câbles nouveaux fil pour fil qui aboutiront au nouveau lieu d'utilisation.

Pour éviter toute interruption il est nécessaire après avoir au préalable classé et étiqueté dans l'ordre convenable les conducteurs de la nouvelle section de câble, de les raccorder en dérivation provisoirement sur les conducteurs correspondants de la section ancienne. Si l'on utilise pour reconnaître les conducteurs d'un câble la méthode ordinaire qui consiste dans l'emploi d'une pile et d'un récepteur quelconque : sonnerie ou galvanoscope, la spécification des fils devient impossible lorsque ceux-ci sont en *travail* ; tous ces fils ont en effet un point commun : la terre à travers les enroulements de leurs récepteurs respectifs, et l'intensité des courants de transmission est suffisante pour actionner intempestivement l'appareil explorateur et empêcher toute discrimination rigoureuse.

Pour obvier à cet inconvénient, il est nécessaire d'utiliser un récepteur fonctionnant sous un bas voltage et exigeant une intensité très supérieure à celle des courants de transmission. Un récepteur de ce genre peut être efficacement constitué par une lampe à filament métallique de 12 bougies 6 volts. Cette lampe exigeant un débit voisin de 2 ampères ne pourra donc s'allumer que lorsqu'elle sera *réellement* introduite dans le circuit du conducteur à identifier.



Le mode opératoire consiste comme l'indique le schéma ci-contre à enlever en A l'enveloppe de plomb du câble en service et à explorer, avec la sonde S constituée par une forte aiguille d'acier reliée au circuit de la lampe L, les conducteurs devenus apparents jusqu'à l'allumage de la lampe ; le conducteur ainsi reconnu est immédiatemente connecté avec son homologue de la section B qui se dirige vers la nouvelle installation.

La reconnaissance des fils et le raccordement provisoire de 2 sections de câble à 7 paires peuvent être effectués dans ces conditions par deux opérateurs en 40 minutes. Cette méthode qui m'a été suggérée par l'insuccès des dispositifs : pile sonnerie, ou générateurs de courants vibrés, bobine d'induction et réception au téléphone, a donné d'excellents résultats dans le transfert de la salle des mesures du Central télégraphique de Clermont-Ferrand. P. C. HUMBERT, Agent mécanicien des Postes et Télégraphes.

Conditions techniques imposées aux réseaux téléphoniques. — Les lignes de l' « American Telephone and Telegraph C° » desservent 12.600.000 postes téléphoniques. Il est évident qu'une compagnie qui exploite un réseau en bon état et fonctionnant bien, se ménagera de fâcheuses surprises si elle relie ses lignes à celles moins parfaites d'une autre compagnie. C'est pourquoi la grande compagnie américaine ne consent à relier ses lignes à celles d'autres réseaux qu'aux conditions suivantes : 1° les abonnés doivent utiliser un type d'appareil déterminé ; 2° les lignes doivent posséder les qualités requises ; 3° la transmission doit y être en tous points satisfaisante.

Quelques observations importantes à propos des câbles téléphoniques sous-marins Key West-La Havane[1]. — « Lorsque fut décidée la construction de ce système de câbles, dit M. BANCROFT GHERARDI, à une récente séance de de l'A.I.E.E., deux questions se posèrent avant toutes autres : 1° le câble devait-il être krarupisé ou pupinisé ? 2° devait-il être à un seul ou à plusieurs conducteurs ? — Chacune de ces questions était sérieuse et complexe. Voyons la première. A divers égards la pupinisation est préférable à la charge continue, parce qu'avec les bobines Pupin vous pouvez obtenir pratiquement l'inductance par mile que vous désirez, et, ainsi, vous êtes à même d'accroître le rendement du circuit dans des limites vraiment considérables. La

1. Voir *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, septembre-octobre 1922.

krarupisation ne permet pas de donner pratiquement, d'une façon bien définie, la meilleure inductance possible au circuit. Tel nous envisagions le problème à l'époque, tel nous l'envisageons encore aujourd'hui ; on aurait choisi la pupinisation pour des raisons électriques, mais elle présentait des difficultés de réalisation formidables. Tout d'abord, la construction d'un câble, muni de place en place de caisses de bobines, puis sa pose, constituaient un travail considérable ; de plus, les points de discontinuité du câble en auraient rendu l'entretien très difficile et fort compliqué. La fixation du câble aux caisses de bobines, ces caisses elles-mêmes, auraient constitué des causes de faiblesse et si des défauts se révèlent sur un câble sous-marin pupinisé, il faut des semaines pour relever un dérangement, et même des mois si les conditions atmosphériques sont défavorables et si on n'a pas de câblier sous la main. Les bobines Pupin furent laissées de côté pour des raisons d'ordre pratique.

« On peut comparer la seconde question à la suivante : « Vaut-il mieux mettre tous vos œufs dans le même panier ou avoir un panier pour chaque œuf ? » Qui dit câble à un seul conducteur dit obligatoirement retour par la terre. Dans le cas d'un câble à circuit métallique, le mieux qu'on pouvait faire était de le former de 4 conducteurs donnant deux combinants et éventuellement un combiné, avec une autre possibilité d'obtenir un quatrième circuit formé du premier combiné avec retour par la terre. Les données dont on disposait à l'époque laissaient subsister un doute quant à la possibilité d'équilibrer le câble suffisamment bien pour pouvoir utiliser les deux circuits fantômes.

« On se trouve là en face d'un problème intéressant ; pour le résoudre, on a besoin de faire appel à des considérations qui ne sont peut-être pas rigoureusement techniques, à moins qu'on donne au mot technique un sens très large. Devions-nous poser un câble et l'exploiter de la manière habituelle, c'est-à-dire en tirer 2 circuits, peut-être 3 ou 4 ? Et alors nous pouvions probablement nous les procurer à meilleur compte qu'avec 3 câbles distincts de un conducteur chacun, mais avec le risque de voir le câble interrompu de temps en temps, ce qui signifiait une interruption totale du service pendant un laps de temps indéterminé.

« Ce qui décida finalement de notre choix, fut la considération suivante : Pour un service comme celui qu'il s'agissait d'assurer, la continuité était de première nécessité. Par conséquent, il ne fallait pas mettre les œufs dans le même panier, c'est-à-dire ne pas courir le risque de voir le câble totalement interrompu. On opta donc pour trois câbles distincts malgré qu'on eut à faire de nombreuses études et recherches quant à la question de la mise à la terre des câbles de ce genre, étant donné surtout les conditions particulières du service entre Key West et La Havane. Les recherches faites nous ont conduit à penser que nous serions satisfaits de ce mode d'exploitation. Les études ont été variées et toutes poussées à fond. Nous nous sommes assuré que le câble, que le service que nous lui demanderions tôt ou tard, seraient tous deux satisfaisants. »

« M. Bancroft Gherardi a fait allusion, dit un membre de l'Associated, à certains problèmes que les considérations techniques seules ne permettraient pas de résoudre. Je lui demande simplement ceci : Quels effets les communications sans fil à longue distance auront-elles sur les services téléphoniques à longue distance ? Actuellement les communications sans fil ne sont pas secrètes, alors que les communications avec fil le sont, en partie du moins. »

M. Bancroft Gherardi : « Je réponds avec plaisir à la question qui vient de m'être posée. Il était déjà sérieusement question d'utiliser les ondes hertziennes à l'époque où la construction des câbles a été décidée ; le fait a été reconnu récemment en réponse à une question présentée sous la forme suivante : « Si c'était à refaire, opterions-nous pour une liaison par câble ou pour une liaison sans fil ? » La réponse n'a jamais varié. La plupart des communications échangées sont d'ordre financier ou commercial ; au printemps dernier, et jusqu'à un certain point l'automne dernier, l'usage des câbles a empêché certains désastres financiers de se produire. Il s'agissait de communiquer rapidement avec un nombre considérable de sociétés différentes. Une décision devait être prise dans les 24 heures, faute de quoi on était à la veille d'un désastre financier ; la situation à Cuba était telle que quelques désastres semblables auraient conduit à un état de choses autrement grave que celui qui existait réellement.

« Il est évident qu'en l'état actuel de la science radioélectrique, une communication sans fil aurait été absolument impropre pour assurer un tel service.

« La simple annonce des pourparlers en cours, la propagation des nouvelles relatives aux questions débattues auraient précisément produit l'effet qu'on s'efforçait d'éviter. Toute question de secret, d'élimination des parasites et des brouillages mise à part, il nous a été impossible de montrer, chiffres en main, comment nous pourrions assurer un service aussi étendu, sûr et économique à pareille distance, en recourant à la téléphonie sans fil plutôt qu'aux trois câbles. »

Le réseau radiotélégraphique anglais. — Il y a quelques semaines, traitant la question de la Chaîne impériale de T.S.F., le « Times » publiait les renseignements que voici :

« D'après la déclaration faite à la Chambre des Communes par le Postmaster General, nous croyons qu'on adoptera le point de vue et la proposition de la Commission Norman, en ce qui concerne l'Angleterre et les Indes du moins ; les stations de T.S.F. seront construites par le gouvernement impérial et non par des sociétés privées. Il y a tout lieu de penser qu'elles seront exploitées par l'État : décision fort sage à propos d'une organisation dont à un moment quelconque, les intérêts vitaux de l'Empire peuvent dépendre. »

La Compagnie des Télégraphes du Nord et les Télégraphes russes. — Le dernier rapport de la compagnie danoise « Great Northern Telegraph C° » renferme certains renseignements intéressants qui méritent d'être publiés.

La Compagnie danoise et le Gouvernement russe ont fait tout ce qui était en leur pouvoir pour rétablir les communications entre l'Europe et l'Extrême-Orient via la Sibérie. Tandis que les lignes télégraphiques terrestres en Russie et en Sibérie sont entretenues en bon état par le gouvernement soviétique, il est actuellement impossible d'établir des communications entre le réseau russe et l'Extrême-Orient parce que les lignes passant par Vladivostock et

par Kiachta sont totalement interrompues. Le rétablissement de ces voies est empêché par l'état de guerre existant entre les gouvernements de Tchita et de Vladivostock ; d'autre part, la remise en état de la voie Kiachta est subordonnée à un accord entre les gouvernements de Péking et d'Urga. Dans ces conditions, la compagnie a préféré adopter une autre solution ; elle a parfaitement réussi grâce aux facilités concédées par les gouvernements russe et chinois. Les administrations de ces deux pays (Russie et Chine) ont construit une ligne nouvelle entre Irkoutsk et Péking (via Blagowestschensk-Helampo et Karbine) ; cette ligne, mise à la disposition exclusive de la « Great Northern Telegraph C° », est reliée à la ligne Petrograd-Irkoutsk appartenant à cette compagnie. Un poste de relais a été installé à Karbine ; ce sont des employés danois qui le desservent. La communication a été rétablie le 26 mars 1922, après une interruption de presque quatre ans.

La compagnie avait pu rétablir les communications télégraphiques avec Petrograd le 18 janvier 1922. La concession a été accordée par le gouvernement soviétique à condition que la compagnie ouvre un bureau de télégraphes à Moscou, mettant ainsi la capitale russe en communication directe avec le réseau de câbles européens de la compagnie danoise. Pour diverses raisons, le projet n'a pu encore aboutir. Le trafic russe avec l'Europe Occidentale et l'Amérique est aujourd'hui insignifiant si on le compare à celui d'avant-guerre. L'an dernier, la « Great Northern Telegraph C° » et sa filiale en Extrême-Orient, la « Australasia et China Telegraph C° » sont entrées en pourparlers avec le gouvernement chinois en vue d'obtenir la prolongation de l'accord existant entre la Chine et ces deux compagnies. Mais les négociations ont été interrompues après que la Conférence Internationale de Washington eut déclaré que la question des communications télégraphiques en Chine devait obligatoirement lui être soumise. Il faut attendre la décision de Washington.

Rôle des répéteurs en téléphonie. — Au cours d'une récente conférence qu'il fit à la « Western Society of Engineers », M. Osborne a montré de façon saisissante l'importance du rôle qui incombe aux répéteurs en téléphonie à grande distance.

Après avoir dit qu'il n'existait que deux moyens permettant d'obtenir des résultats comparables à ceux que procurent les postes à relais, à savoir : améliorer le rendement du circuit de façon à réduire les pertes par unité de longueur ou bien appliquer au départ une quantité d'électricité tellement considérable qu'après déduction des pertes de transmission le courant ait à l'arrivée une intensité suffisante pour actionner le diaphragme et produire des sons intelligibles, M. Osborne a cité quelques chiffres pour bien montrer la somme énorme d'amplifications nécessaires sur un circuit de ce genre. Il suppose qu'il serait possible d'utiliser au poste de transmission une énergie électrique formidable. En réalité, des courants d'une telle intensité grilleraient les fils instantanément.

« A Chicago, l'énergie reçue est d'environ 300 microwatts, un microwatt étant égal à un millionième de watt. S'il n'y avait pas de répéteurs, pour obtenir semblable énergie à l'arrivée, il faudrait que le poste transmetteur de South Bend emploie un courant capable d'allumer une lampe de 50 bougies. On a calculé que l'énergie mécanique et électrique totale produite dans le monde est suffisante pour allumer environ 20 milliards de lampes électriques (puissance de la vapeur, force hydraulique, en un mot toute forme d'énergie mécanique comprise). C'est cette somme d'énergie qu'il faudrait employer à Sandusky pour recevoir 300 microwatts à Chicago.

« Cependant l'énergie totale produite sur terre n'est égale qu'à environ un deux cent millième de l'énergie solaire reçue sur la planète terrestre ; c'est cette énergie de radiation qu'il faudrait utiliser un peu au delà de Cleveland pour communiquer avec Chicago.

« La terre n'occupe qu'une portion infime de l'espace entourant le soleil et c'est pourquoi elle reçoit seulement un deux milliardième de l'énergie totale rayonnée par le soleil ; or, il nous faudrait toute l'énergie solaire en un point situé un peu au delà de Pittsburgh. A Harrisburg, il nous faudrait l'énergie rayonnée par mille millions de soleils. Je ne crois pas qu'il existe un nombre suffisant de soleils pour permettre de communiquer à partir de New-York. »

Une nouvelle profession née des non-réponses au télé-



phone. — Si l'on en croit la « Telephone Review », une newyorkaise, Mlle Rose Mitchell vient de trouver une nouvelle profession. Elle est devenue secrétaire-téléphoniste de plusieurs hommes d'affaires et simples particuliers qui, pour une raison ou une autre, ne peuvent recevoir eux-mêmes, pendant le jour, les messages qui leur sont destinés ou qui ne peuvent fixer directement des rendez-vous à leur clientèle ou à leurs amis. Mlle Mitchell reçoit les communications, prend note des rendez-vous fixés, en donne aussi de la part de ses clients. Dans ce but, elle a fait installer deux postes téléphoniques à son domicile particulier. Chaque soir, elle fait part à sa clientèle des communications échangées en son nom au cours de la journée.

Mlle Mitchell, fatiguée de son métier de sténographe publique pour grands hôtels, était en quête d'une besogne moins fastidieuse. Un jour, elle remarqua que la sonnerie du poste d'un voisin momentanément absent retentissait presque sans arrêt. C'est alors qu'elle eut l'idée de sa nouvelle profession.

Pour faire connaître ses numéros de téléphone à ses amis et à sa clientèle, Mlle Mitchell leur envoie de coquettes cartes de visite. C'est toujours sur un ton agréable que la secrétaire-téléphoniste répond au téléphone, et lorsque les demandeurs raccrochent le récepteur, ils ont l'impression très nette que leur message sera promptement et convenablement distribué.

Résistance de terre des antennes. — On a procédé en Allemagne à une série d'expériences dans le but de trouver la meilleure méthode permettant de réduire la résistance de terre des antennes des puissantes stations de T. S. F. La disposition finalement adoptée doit servir à perfectionner l'installation de Nauen ; elle repose sur la constatation suivante. Si l'on divise la surface du sol sous l'antenne en cercles équidistants et si l'on mesure l'intensité des lignes de force à l'intérieur de chacun des cercles, on constate que le centre de gravité de l'aire du courant se trouve au voisinage du bord de la région recouverte par l'antenne. Il s'ensuit que les prises de terre doivent être situées en des points se trouvant au bord de l'antenne ;

c'est en ces points que doivent aboutir les conducteurs reliant le poste d'émission à l'antenne. Une antenne-type construite sur ce principe a permis de constater que les prises de terre du milieu de l'antenne pouvaient être supprimées. Pour une antenne du modèle proposé pour Nauen (hauteur de 190 à 200 mètres), la résistance au rayonnement variera entre 0,3 et 0,33 ohm avec une longueur d'onde de 12.600 m. et la résistance totale entre 0,6 et 0,7 ohm, bobines de self comprises. L'antenne aura alors un rendement de 50 % environ au lieu de 7,5 %. C'est cette dernière valeur qu'on obtient avec la disposition actuelle.

Un câble Italie-États-Unis. — Le « Daily Telegraph » a annoncé que le gouvernement italien et la « Western Union Telegraph C° » viennent de conclure un accord préliminaire relatif à la pose d'un câble Rome-New-York. Les Italiens seront responsables de la pose et de l'exploitation de la section Italie-Açores, et la compagnie américaine de la section Açores-New-York. Le nouveau câble desservira l'Italie, une grande partie de l'Europe centrale ainsi que le Proche Orient.

Lettre de M. Brillouin, Professeur au Collège de France, membre du Comité Technique des Postes et Télégraphes, relative à un fréquencemètre mécanique utilisable en téléphonie. — *Les Annales des Postes et Télégraphes et Téléphones ont reçu de M. Brillouin l'intéressante lettre reproduite ci-après :*

Il y a 80 ans que Nicolas Savart (frère de Savart qui fut Professeur au Collège de France après Ampère) a montré que pour les cordes métalliques, — qui ne sont pas flexibles sans quelque effort — la loi des cordes flexibles doit être modifiée. Le poids tenseur W doit être augmenté d'un poids constant W_0, qui dépend de la rigidité du fil, c'est-à-dire de son diamètre et des coefficients d'élasticité de sa matière, mais qui ne dépend pas de la longueur vibrante. La formule correcte est donc

$$f = \frac{1798}{l}\sqrt{W + W_0}\,.$$

La figure 4 *ne représente pas les observations*, comme il résulte des dernières lignes de la page 1369, mais seulement la formule, insuffisante, des fils infiniment flexibles (1).

Le mémoire de Savart a paru aux Annales de Physique et Chimie en *1842*. Ses résultats se trouvent dans des livres classiques anciens (par ex. Daguin, traité de Physique, t. I) et nouveaux (Bouasse).

Clebth dans son traité d'Elasticité (trad. franç., p. 486) a donné la théorie des vibrations des cordes peu flexibles, sous une forme assez compliquée. On peut pourtant en déduire l'expression approchée de W_0 pour la corde encastrée aux deux bouts :

$$W_0 = \frac{n^2 . \lambda^2}{l^2} . \pi^2 E \sigma$$

n rang de l'harmonique tiré de la corde (son fondamental $n = 1$),
l longueur totale de la corde entre encastrements,
σ section droite de la corde,
λ rayon de giration de la section droite dans le plan de vibration.
E module d'Young.

Le Post Office recrute de nombreux ingénieurs. — Le *Journal of the Institution of Electrical Engineers* publie dans son numéro de décembre 1922, un article très intéressant de M. J.-A. Cooper, relatif aux avantages des répéteurs à lampes qui permettent d'augmenter la portée des communications interurbaines et d'employer soit des conducteurs d'un plus faible diamètre, soit des câbles téléphoniques souterrains. Les passages suivants se rapportent aux frais d'entretien des répéteurs ainsi qu'aux intentions du Post office britannique qui paraît décidé à s'adresser aux anciens élèves des Universités pour enrichir ses cadres de techniciens.

« La question des frais d'entretien des répéteurs présente une grande importance ; on a calculé qu'ils étaient de 50 livres sterling par répéteur et par an. Comparé aux dépenses qu'entraînerait la pupinisation, ce chiffre est relativement élevé, mais les avantages

(1) *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, n° 6, novembre-décembre 1922, p. 1363.

procurés par les répéteurs sont plus grands que ceux obtenus à l'aide des bobines Pupin. Les frais de premier établissement sont négligeables si on les compare aux économies réalisées dans la construction des lignes. C'est la surveillance des répéteurs qui constitue l'article de compte le plus lourd ; une étude approfondie de la question a montré que deux employés pouvaient surveiller facilement 100 circuits amplifiés ; il semble donc que les dépenses de ce chef ne seront pas très élevées. D'autre part, en installant des répéteurs sur les principaux circuits interurbains partant de Londres, on pourrait réaliser une économie annuelle de 15.000 livres sterling. Lorsqu'il s'agira de remplacer les anciennes lignes téléphoniques surannées, le Post Office fera bien de tirer parti des avantages procurés par les répéteurs.

Les ingénieurs du Post Office britannique envisagent le jour où toutes les lignes à longue distance seront construites avec un conducteur étalon, pesant 50 livres (22 kg. 700) au mile (1.609 m.), et auront une résistance d'isolement de l'ordre de 10.000 mégohms par mile. Ils espèrent avoir un peu plus tard, un conducteur-type pour toutes les lignes d'abonnés et pour toutes les lignes d'ordre. Ils comptent qu'il sera possible de communiquer entre deux points quelconques du Royaume-Uni, et, en outre, que la téléphonie transcontinentale et transocéanique sera bientôt une réalité. La téléphonie internationale existe déjà dans une certaine mesure, mais on espère pouvoir, avant longtemps, relier le réseau interurbain aux câbles transcontinentaux et transocéaniques. La France, le Japon, l'Amérique et l'Allemagne emploient depuis quelque temps déjà des répéteurs et cherchent à les perfectionner. Nous croyons savoir que le Post Office britannique poursuit activement leur perfectionnement, bien qu'il soit gêné par le manque de techniciens. Le personnel technique actuel est trop peu nombreux pour accomplir toute la besogne qu'il a devant lui. Nous croyons savoir que le Post Office s'efforce de développer son Service des Recherches et qu'il a l'intention de recruter de nombreux ingénieurs, qui nous permettront de tenir la tête dans la lutte pour obtenir un rendement meilleur et plus économique. »

BIBLIOGRAPHIE.

Les applications élémentaires des fonctions hyperboliques à la science de l'Ingénieur électricien, par M. Kennelly, professeur d'électricité appliquée, Université de Harvard. — Paris, Gauthier-Villars. 1 volume in-8° carré (23 × 14) de 154 pages et 31 figures. Prix : 15 fr.

Théorie des nombres, par M. Kraitchik, Ingénieur, Docteur ès sciences physiques et mathématiques, avec une préface de M. d'Ocagne, Membre de l'Institut. — Paris, Gauthier-Villars. 1 volume in-8° (25 × 16) de 230 pages avec tables. Prix : 25 fr. Le présent ouvrage constitue un exposé des éléments proprement dits de la théorie des nombres et l'originalité de la contribution de M. Kraïtchik au développement de cette théorie est d'avoir imaginé des procédés opératoires sûrs, faciles et rapides permettant d'effectuer les « criblages » sur des ensembles pouvant comprendre plusieurs dizaines de millions de nombres, sans que, grâce à l'emploi d'un dispositif graphique approprié, il soit nécessaire d'écrire ces nombres.

Le Gérant,

Léon EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS

1re ANNÉE. — N° 3. MARS 1923. PRIX 2 fr. 50.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE.
3 RUE THÉNARD. PARIS Ve

Prix de l'Abonnement annuel : France .... 24 francs ; Étranger . . . 27 francs.

COMMISSION DES ANNALES

DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une Commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes.*

Cette Commission se réunit à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VII[e].

Membres de la Commission:

NOTA : La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

LA STATION RADIOÉLECTRIQUE D'ESSAI

DE

L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES

Un poste d'essai pour émissions radiotéléphoniques vient d'être installé à l'École supérieure des Postes et Télégraphes. Des locaux et une antenne ont été établis pour permettre d'essayer au point de vue de la qualité et du volume tous les types possibles de postes d'émissions de téléphonie sans fil. Cette station est en service depuis le 19 janvier 1923. Les émissions se font avec une longueur d'onde de 450 m. dissipant alors la puissance de 400 watts-antenne.

Par suite des difficultés locales rencontrées dans l'installation de l'antenne et de la prise de terre, le type adopté, pour la première, est connu sous le nom d'antenne en T à branches inégales ; la prise de terre multiple a été effectuée dans un terrain rapporté. L'installation d'un contrepoids n'a pu être envisagée faute d'espaces libres, ce qui aurait permis de réaliser une antenne de faible résistance. Malgré ces conditions défavorables, dues à l'installation du poste en plein centre de Paris, la station a été entendue en Ecosse, en Hollande, en Suisse. Elle couvre la France entière, ce résultat est obtenu avec une énergie de 400 watts-antenne. L'étude de la propagation des petites ondes sera, pour la première fois, effectuée en collaboration avec les services de la Télégraphie militaire et des Observatoires chargés de l'écoute, dans une zone de longueurs d'ondes encore inexplorée scientifiquement. Enfin, il est prévu un service d'émission d'ondes étalonnées à l'usage des stations privées concédées aux amateurs.

*
* *

La station radioélectrique de l'École Supérieure des Postes et Télégraphes est en service depuis le 19 janvier 1923, la première émission a eu lieu ce jour-là à 20 heures ; elle n'a été reçue que par le plus grand des hasards par les amateurs de concerts radiotéléphoniques alors à l'écoute des postes radiotéléphoniques de

la région parisienne. Comme leurs lettres en témoignent, leur surprise a été d'autant plus grande que la réception, même obtenue sur cristal, était très intense dépassant de beaucoup l'émission privée de téléphonie sans fil alors en fonctionnement.

La station sera décrite dans ses détails dans un prochain article.

*
* *

Les qualités requises pour réaliser une bonne émission radiotéléphonique.

L'avenir de la radiotéléphonie d'information générale est très étroitèment lié à la bonne qualité de la transmission de la voix, de la musique ou du chant. En effet, un amateur sera, lors de ses débuts en radiotéléphonie, enchanté de recevoir la parole ou le chant même s'il ne comprend pas les paroles prononcées. Il entend; sa joie est immense : cela lui suffit à ce moment. Mais en fort peu de temps son oreille s'habitue à cette cacophonie, il s'irrite de ne pouvoir distinguer ; l'amateur devient plus difficile : il veut entendre d'une façon analogue à celle qu'il obtiendrait s'il était placé dans la salle même du concert.

Les programmes des auditions radiotéléphoniques ne doivent pas se répéter, mais s'élever insensiblement. Aux émissions musicales doivent succéder des causeries littéraires et scientifiques formant une sorte d'instruction post-scolaire d'autant plus agréable à recevoir que sans quitter le coin de son feu l'on peut y prendre part. Pour cela l'organisateur doit s'assurer le concours des plus hautes compétences scientifiques, littéraires et artistiques : la radiotéléphonie mettant à la disposition des conférenciers le plus puissant moyen de propagande des temps modernes.

Le microphone.

A la base de toute transmission radiotéléphonique, l'on trouve le microphone, appareil dont le rôle consiste à convertir les vibrations sonores en courants alternatifs de fréquences variables. Les qualités auxquelles doit répondre un bon microphone sont multiples : il ne doit introduire aucune distorsion des sons perçus, mais il doit reproduire fidèlement les fréquences de la voix ou de la musique qui sont extrêmement complexes. Celles de la première vont de 200 à 2.000 périodes par seconde, tandis que pour la musique, l'échelle des fréquences va de 20 à 4.000. Certains instruments, le piano, par exemple ont une bande de fréquences allant de 27 à 4.138 ; l'orgue a des vibrations de 16 à 4.138. Il faut que le microphone reproduise très exactement ces variations très rapides de fréquences sans en accuser ou en affaiblir aucune.

Le timbre de la voix — dû aux harmoniques — doit être respecté, le microphone devra enregistrer ces harmoniques, qui, si on les limite, par exemple, à ceux de rang 3 pour les sons aigus, augmenteront l'échelle des fréquences. Celle-ci passera de 20 à plus de 10.000 périodes par seconde. Le microphone ne devra pas présenter la moindre tendance à entrer en résonance dans un aussi grand intervalle de fréquences, ce qui complique singulièrement le problème.

Grâce à l'emploi d'un microphone à double boîte de grenaille de charbon et d'une membrane spécialement étudiée qui est fortement tendue et amortie par une chambre à air, les divers points énumérés ci-dessus ont pu être résolus. Par suite de cette construction, ce microphone aura une efficacité très faible ; il sera nécessaire d'augmenter l'intensité au moyen d'un amplificateur à basse fréquence. Cet amplificateur ne devra pas apporter la moindre distorsion ; le meilleur procédé sera de recourir au montage dit à résistance variable, ce qui aura, de plus, l'avantage d'accroître ou de diminuer à volonté le degré d'amplification. Pour contrôler la bonne génération des courants microphoniques et leur bonne amplification, un téléphone sera branché en dérivation aux bornes de sortie de l'amplificateur.

*
* *

Le studio.

Le studio où ont lieu les concerts et conférences ne devra pa avoir le moindre écho ; pour cela les parois seront recouvertes de tentures sans cependant les exagérer afin d'éviter la trop grande absorption de la parole ou du chant, ce qui aurait pour effet de donner à la voix un timbre sourd.

De même, le bon emplacement du microphone par rapport aux orateurs exige une certaine expérience. La diction se fait à une distance de 0.50 à 1 mètre, le chant exige une distance plus grande pour être net, les instruments de musique et orchestres demandent des essais préliminaires pour obtenir le meilleur rendement du microphone.

*
* *

Poste émetteur.

L'émetteur est constitué par un circuit oscillant accordé sur 450 mètres et dans lequel des lampes à 3 électrodes entretiennent des oscillations électriques à la fréquence 666.700 périodes par seconde. Le circuit d'utilisation, ou circuit antenne-terre, est couplé magnétiquement au circuit de microphone de façon lâche afin d'avoir une onde dépourvue, autant que possible, d'harmoniques. De la sorte, le courant modulé mis dans l'antenne atteint 6 ampères en fonctionnement normal. Les tubes à vide comprennent un filament de platine iridié de forme spéciale et recouvert d'oxydes de baryum et de strontium, ce qui procure un puissant dégagement d'électrons pour un chauffage réduit, c'est-à-dire en portant le filament à la température du rouge sombre. Les grilles sont à mailles serrées, les plaques ont une surface ondulée ce qui permet de dissiper grâce à leur grand développement, une plus grande quantité de chaleur par rayonnement. La tension de plaque (1.600 volts) est fournie par une génératrice à courant continu à deux collecteurs montés en ten-

sion ; l'intensité du courant total de plaque est de 1 ampère. Les filaments absorbent 25 ampères sous 14 volts.

*
* *

Antenne.

Le courant sinusoïdal à la fréquence 666.700 périodes par seconde est envoyé dans une antenne en T à branches inégales. Cette antenne comprend 7 fils de 30/10, la descente d'antenne est constituée par un toron de 7 conducteurs isolés entre eux afin de réduire les pertes par courant de Foucault. Des chaînes d'isolateurs du type à maillons isolent l'antenne à chacune de ses extrémités.

*
* *

Prise de terre.

Six prises de terre inégalement réparties sont disposées dans le sol rapporté du jardin bordant l'École. Quoique ce terrain soit humide cette terre n'est pas excellente ; de nouvelles prises de terre seront constituées afin d'améliorer le rendement de l'antenne.

*
* *

Transmission par lignes téléphoniques des concerts.

Un essai de transmission du concert exécuté salle Gaveau a eu lieu le 27 janvier et depuis a été répété. Par les seuls circuits téléphoniques existants à l'usage des abonnés, ce concert vocal et instrumental a été transmis à la station en empruntant les circuits reliant cette salle au central téléphonique Élysées, de ce dernier au central Ségur par les circuits ordinaires, puis de Ségur à l'École par la ligne téléphonique. Il est à noter que sur ce parcours souterrain de 6 km. en câble téléphonique ordinaire, une portion de 260 m. était en fil de 6/10. Ce concert a été transmis sans la moindre distorsion et la qualité de l'audi-

tion a été excellente, ainsi que le mentionnent les lettres reçues.

Pour cet essai, le microphone était placé dans la salle de spectacle, un amplificateur basse fréquence à deux étages était connecté à la ligne téléphonique allant vers le bureau « Élysées ». A la station, le courant microphonique agissait sur l'émetteur dans les mêmes conditions que lorsque le concert a lieu au studio.

*
* *

Portée de la station. — Réception.

L'on pourrait croire que l'emploi d'une longueur d'onde de 450 mètres est de nature à restreindre la portée du poste qui utilise une telle onde. En se reportant aux lettres reçues des nombreux amateurs qui ont bien voulu adresser les résultats de leurs écoutes, la station est entendue en Angleterre à Blackpool (pays de Galles), en Hollande à Maëstricht, à Lausanne, à Marseille.

Les dispositifs utilisés pour effectuer cette réception sont des plus simples. Ils consistent en : une petite antenne de 30 à 35 m. de long accordée pour l'onde à recevoir, un amplificateur à haute fréquence comprenant une lampe à réaction ou à résonance suivi de un ou de deux étages à basse fréquence dont l'un est détecteur. Enfin, fait beaucoup plus probant de la bonne efficacité du poste, la réception en a pu être faite sur galène à 350 km. de Paris sur une antenne de 35 à 40 m. de hauteur. Signalons qu'à 100 km. la réception a pu se faire sur un cadre de 1 m. de côté avec un amplificateur haute fréquence à 2 étages et un amplificateur basse fréquence à 2 étages.

Pour une émission radiotéléphonique ces portées sont des plus intéressantes

*
* *

Essais futurs.

a) Téléphonie et conférences.

Des conférences seront données régulièrement par téléphonie.

sans fil faites à la Sorbonne ou à l'École des Postes et Télégraphes; elles traiteront des questions littéraires et scientifiques d'actualité. Parmi ces dernières, celles relatives à la T.S.F. seront les plus nombreuses et seront certainement les plus appéciées des amateurs.

b) Télégraphie.

En télégraphie, le poste contribuera à émettre les signaux U.R.S.I. destinés à étudier la propagation des ondes électromagnétiques. Actuellement cette étude est faite sur les ondes comprises entre 2.600 et 23.450 mètres, émises respectivement par les stations de la Tour Eiffel, Nantes, Rome et Bordeaux-Lafayette. Ce service, sera de la plus grande importance au point de vue scientifique, car aucune étude de ce genre n'est actuellement faite sur les petites ondes, ce qui est regrettable. Nul doute que ces émissions n'apportent de précieux renseignements et contribuent à expliquer le phénomène, encore bien mystérieux de la propagation des petites ondes.

Enfin, l'émission d'ondes étalonnées de 200 m. sera assurée par la station. Cette émission permettra aux amateurs de régler leurs postes émetteurs pour l'utilisation de cette onde qui leur est spécialement affectée. Ce service d'ondes étalonnées pour amateurs est inexistant, les groupements d'amateurs demandent qu'un tel service soit organisé ; la station de l'École Supérieure permettra de satisfaire à ce désir.

Comment recevoir facilement l'onde de 450 mètres.

L'emploi de la longueur d'onde de 450 mètres présente des avantages très importants, qui permettent une réception dans de très bonnes conditions : en premier lieu, on évite à peu près entièrement toute interférence avec les harmoniques des postes émetteurs puissants à ondes entretenues, dont l'influence perturbatrice est très notable sur des longueurs d'ondes plus élevées. En outre, une longueur d'onde de cette nature favorise particulièrement les amateurs disposant de petites antennes (sur un balcon, un toit, dans un jardin), dont la longueur est, en général, assez restreinte. On conçoit, en effet, facilement que le rendement d'une semblable antenne s'améliore considérablement lorsque l'on tend à se rapprocher de sa longueur d'onde propre, et se trouve dans des conditions de résonance particulièrement favorables. Aussi n'est-il pas étonnant qu'une antenne de ce genre ait permis la réception des concerts, sur une simple galène, à plus de 300 kilomètres de Paris.

Dans la région parisienne, de simples fils tendus à l'intérieur d'un appartement sont suffisants pour permettre une bonne écoute. Un balcon, un radiateur peuvent également remplir le même rôle.

Les systèmes de réception par cadres, tout en pouvant être utilisés sous certaines réserves, paraissent un peu moins bien adaptés à ce genre d'émission : la longueur d'onde propre d'un cadre de quelques spires dépasse très rapidement 450 mètres, aussi les réceptions par cadres se trouvant entre les mains des amateurs sont-elles plus particulièrement destinées à l'écoute de postes de longueurs d'ondes toutes supérieures à 1.000 mètres et ne sont-elles pas prévues pour 450 mètres.

Afin de pouvoir, néanmoins, les utiliser, il importe de ne mettre en circuit qu'un très petit nombre de spires du cadre : avec un cadre de 2 m. × 2 m., il ne faudra pas mettre plus de 4 spires en série.

Pour éviter de créer des capacités parasites entre une spire et la spire voisine, il importe d'espacer les spires autant que possible les unes des autres : les ondes de petite longueur sont, en effet, particulièrement aptes à traverser les capacités, même très faibles, et l'on conçoit que des capacités parasites peuvent ainsi dériver en grande partie des courants reçus.

Des capacités entre enroulements causent également des dérivations, susceptibles de diminuer sensiblement le rendement des appareils pour l'onde de 450 mètres.

Une étude approfondie de la question sera publiée dans un prochain numéro des *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* et les amateurs y trouveront les renseignements qui leur permettront de réaliser les montages nécessaires pour obtenir le maximum de rendement pour l'onde de 450 mètres.

SUR LES PROGRÈS RÉCENTS

DE LA PHYSIQUE (1).

Cette conférence s'attache d'abord à l'étude de la décharge électrique dans les gaz plus ou moins raréfiés qui met en évidence la structure discontinue de la matière et de l'électricité.

L'analyse des phénomènes physiques les plus divers nous montre que les gaz sont constitués par un ensemble de particules distinctes, les molécules, dont il entre le même nombre dans toute masse gazeuse occupant le même volume à la même température et sous la même pression : dans un millimètre cube de gaz, à 0° et sous la pression atmosphérique, il y en a environ $2,7 \times 10^{16}$. Elles sont extrêmement petites, leur diamètre différant peu de 3.10^{-8} centimètres $\left(\frac{3}{10.000}\right.$ de micron$\left.\right)$. Leur vitesse est de l'ordre du kilomètre à la seconde. Elles ne peuvent, dans les conditions normales, se déplacer beaucoup sans se rencontrer ; entre deux chocs successifs, une molécule parcourt en moyenne $\frac{1}{10.000}$ de millimètre ; c'est son « libre parcours moyen ». Abaissons la pression au $\frac{1}{10.000}$ de mm. de mercure, il en restera encore 3 milliards par millimètre cube, mais le libre parcours moyen dépasse alors un mètre, c'est le « vide noir » ; au lieu des chocs mutuels, ce sont les chocs sur les parois qui jouent le rôle principal ; les propriétés du gaz en sont simplifiées et c'est dans un tel milieu que nous étudions d'abord la décharge.

(1) Conférence donnée à l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes. (Juin 1922.)

La tension nécessaire à la décharge croît avec le vide du tube; dans le « vide noir », l'électricité ne passe plus, quelle que soit la différence de potentiel entre les électrodes ; mais si l'on prend pour cathode un filament incandescent, elle passe de nouveau ; cela tient au phénomène de l' « émission thermionique », émission, par un métal incandescent, de particules électrisées négativement, d'« électrons » qui, entraînés dans le champ électrostatique, se précipitent sur l'anode et ferment ainsi le circuit électrique.

On a déterminé la charge et la masse de ces électrons ; leur charge est celle de l'atome d'hydrogène, connue grâce aux lois de Faraday sur l'électrolyse, soit $1{,}59 \times 10^{-19}$ coulombs; c'est là l' « atome d'électricité » ; quant à leur masse, elle est, aux faibles vitesses, le $\frac{1}{1800}$ de celle de l'atome d'hydrogène ; puis, elle croît avec la vitesse, elle croît indéfiniment lorsque cette vitesse se rapproche de celle de la lumière, qui est une vitesse limite dans le monde physique, conformément aux théories relativistes : on constate ici l'*inertie* de l'énergie cinétique de l'électron, cas particulier du principe de l'inertie de l'énergie d'Einstein.

C'est l'émission thermionique qu'utilisent les « audions » ou « lampes à trois électrodes », dont le rôle a été si considérable en T. S. F, l'adjonction d'une 3e électrode ayant permis la réalisation des montages les plus variés.

Dans un vide moins poussé, l'allure des phénomènes change ; les électrons vont, dans leur course, choquer les molécules gazeuses, qu'ils dissocient en un électron et un reste qui constitue l'ion positif. Dans le tube se produisent alors deux courants de sens inverse : les électrons qui vont vers l'anode et les ions positifs vers la cathode. L'artifice d'une cathode incandescente devient alors inutile, il existe toujours dans le tube quelques molécules dissociées en électron et ion positif : vu le faible parcours moyen, elles viennent choquer des molécules qui, dissociées à leur tour, propagent l'ionisation et permettent la décharge.

L'étude des ions positifs, qui constituent la partie essentielle

de l'atome (c'est l'atome privé d'un électron), nous donne sur lui les renseignements les plus intéressants. On détermine en effet leur masse et leur charge : leur charge est celle de l'électron, leur masse nous donne celle de l'atome. On a ainsi reconnu que tels corps considérés comme simples sont en réalité des mélanges de corps à poids atomiques voisins, d' « isotopes » : le chlore de poids atomique 35,5 est un mélange de 2 chlores, de masses respectives *35* et *37*.

On peut aller plus loin et préciser l'organisation interne de l'atome : il constitue un minuscule système solaire où le noyau positif joue le rôle du soleil, les électrons celui des planètes. L'atome étant neutre, le nombre des électrons est égal à la charge du noyau mesurée en atomes d'électricité. Ce nombre est appelé le *nombre atomique*.

Ce sont les rayons X qui ont permis de l'atteindre : engendrés par le choc des électrons sur une plaque métallique, l'anticathode, ils constituent un rayonnement de longueur d'onde extrêmement faible ; l'étude de la diffusion de ces rayons par une lame de métal fait intervenir le nombre des électrons présents, la longueur d'onde étant de l'ordre des dimensions atomiques : elle permet ainsi la détermination du nombre atomique.

Les spectres de rayons X dépendent de la nature de l'anticathode : les raies ont la même disposition, elles se déplacent en bloc; si ν est la fréquence caractéristique, Mosely a montré que $\sqrt{\nu}$ est une fonction linéaire du nombre atomique.

La fréquence du rayonnement susceptible d'être émis augmente d'ailleurs avec l'énergie cinétique de l'électron qui le provoque, c'est-à-dire avec la différence de potentiel ; le rayonnement X nécessite une certaine tension, 60 volts environ, de nouvelles raies apparaissent à mesure que croît cette tension, la fréquence limite ν est liée à l'énergie de l'électron incident par la relation :

$$W = h\,\nu,$$

où h est une constante universelle, la constante de Planek. Ceci met en évidence un fait d'une importance capitale : un atome ne peut émettre de la lumière de fréquence ν que par trains d'onde

emportant en bloc une énergie $h\nu$ (loi des quanta de Planek-Einstein). La discontinuité apparaît ainsi dans le domaine énergétique. Elle rend compte de phénomènes paradoxaux : notamment de l'effet photo-électrique, qui consiste en l'émission d'électrons par un métal exposé à la lumière ultra-violette. La vitesse des électrons émis est indépendante de l'intensité de la lumière et croît avec sa fréquence : ceci s'explique très bien si on imagine que l'énergie radiante, au lieu de se distribuer uniformément, se rassemble en faisceaux dont l'énergie ne varie pas le long d'une ligne de forces. Le nombre de ces faisceaux élémentaires varie seul avec l'intensité, non l'action individuelle de ces faisceaux : le nombre seul des électrons émis peut donc varier avec l'intensité, non leur vitesse. Si on admet l'unité ε d'énergie lumineuse proportionnelle à la fréquence : $\varepsilon = h\nu$, on retrouve bien l'accroissement constaté de la vitesse des électrons avec la fréquence de la lumière virulente.

Bohr a tiré de la théorie des quanta une théorie de la structure de l'atome qui rend merveilleusement compte, tant des séries de raies du spectre optique que de la loi de Moseley. Les schémas de l'atome auxquels il aboutit expliquent les propriétés chimiques, les périodicités observées dans la table des éléments.

Les phénomènes de radioactivité, qui consistent en une destruction spontanée de l'atome, mettent en jeu le noyau lui-même. Ils ont montré qu'un corps donne naissance à toute une série, par une suite de désintégrations : c'est ainsi que le radium dégage de l'hélium, laissant l' « émanation » ; il descend lui-même de l'uranium, origine d'une famille de corps aboutissant à un « radium G » de masse 208.

De même le thorium, dont l'ultime descendant est un thorium E, de masse 206.

Radium G et thorium E encadrent le plomb (207) dans le tableau des éléments : ce sont deux plombs isotopes.

Il faut donc réviser toutes les notions sur lesquelles s'était édifiée la chimie pour aboutir à une nouvelle synthèse.

Les conquêtes récentes sont merveilleuses, mais l'obscurité des principes nouveaux subsiste : il reste beaucoup à découvrir.

Messieurs,

Le titre donné à cette conférence laisserait croire que nous nous proposons aujourd'hui de passer en revue les récentes acquisitions de la physique dans les différents domaines et d'exposer les conceptions nouvelles qu'elles nous offrent de l'univers. Ce serait là un champ bien trop vaste : nous devons limiter notre objectif et assigner une branche de la physique à notre exploration. C'est l'électricité que nous choisirons : au cours des 50 et surtout des 25 dernières années, elle a connu une véritable renaissance qui a entraîné, sinon le bouleversement, du moins, la révision de toutes les notions fondamentales qui étayaient nos représentations du monde réel ; à l'heure actuelle, son rôle est tel dans la physique générale que tout progrès du côté des sciences électriques a sa répercussion dans les domaines apparemment les plus éloignés et constitue en fait une conquête de la philosophie naturelle.

L'un des plus éminents ingénieurs français, Maurice Leblanc, écrivait, il y a quelques années : « L'avenir de l'électricité est dans le vide. » Nous allons voir le bien fondé de cette prévision qui apparaissait alors quelque peu surprenante.

C'est un fait bien connu que l'électricité traverse le vide usuel de nos machines pneumatiques : si l'on place deux électrodes dans un tube à gaz plus ou moins raréfié, on arrive toujours à produire la décharge en faisant croître suffisamment la tension. Suivant le degré de raréfaction, elle se manifeste sous forme de décharge de Geissler, de rayons cathodiques ou de rayons X ; mais, si l'on pousse le vide encore plus loin, vers le dixmillième de mm. de mercure, c'est le « vide noir » à travers lequel toute décharge devient impossible.

Des dispositifs spéciaux sont nécessaires pour le réaliser ; voici le principe des pompes moléculaires imaginées par le physicien allemand Gaëde.

Dans un cylindre A (fig. 1) on fait tourner à très grande vitesse une série de disques B centrés sur e même axe, dont le bord est extrêmement voisin de la paroi de A. Ces disques sont

séparés par des peignes fixes C de chaque côté desquels sont ménagés des orifices *m* et *n*.

On se rend compte que l'air compris entre les disques en rotation sera entraîné dans le même sens et que, en raison de la présence du peigne qui empêche de se fermer le trajet des molécules, il se produira une circulation du gaz de *n* vers *m*. Si maintenant chaque orifice *m* est relié à l'orifice *n* suivant par un canal ménagé dans le cylindre A, que le dernier orifice *m* soit en communication avec l'atmosphère, ou un récipient dans lequel règne déjà un vide partiel et le premier orifice *n* avec le

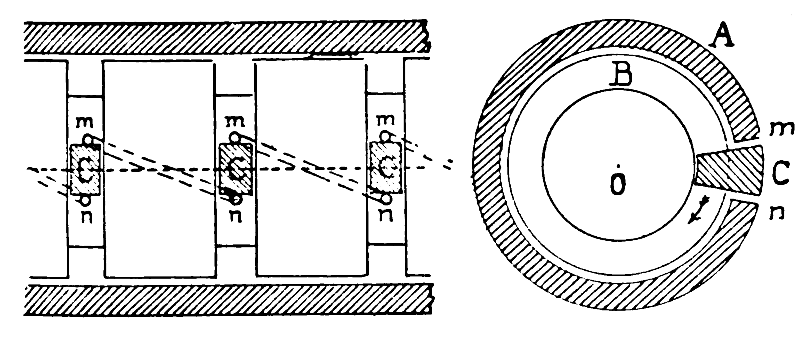


Fig. 1.

tube où l'on désire faire le vide, le fonctionnement de la pompe engendrera dans ce dernier une raréfaction extrême qui peut atteindre le dixmillième et même le centmillième de millimètre de mercure (1).

Un autre type de pompes encore préférable est la « pompe à

(1) Voici d'ailleurs quelques précisions sur le fonctionnement qui nécessitent la connaissance des principes de la théorie cinétique exposés dans la suite : pour des vitesses faibles, les molécules sortant du récipient à vider et celles sortant du récipient à vide partiel tendent à échanger leur gradient de pression dans l'espace compris entre les cylindres ; mais si la vitesse devient de l'ordre des vitesses moléculaires et si la pression est assez abaissée pour que les chocs sur les parois jouent le rôle essentiel, les molécules sortant du réservoir à vider sont, par leur rebondissement sur le tambour, entraînées vers le deuxième réservoir, tandis que celles du second sont retardées dans leur course vers le premier. Par suite, il s'établit entre les deux réservoirs une différence de pression ou pour mieux dire, l'équilibre s'établit pour un rapport des pressions qui dépend de la vitesse de rotation du tambour.

diffusion » dont la meilleure réalisation est due au physicien américain Irving Langmuir. Son principe est celui des injecteurs qui utilisent l'aspiration de l'air par un courant de vapeur s'écoulant à travers une tuyère. Mais ici, c'est de la vapeur de mercure que l'on substitue à la vapeur d'eau.

L'espace C (fig. 2) communique avec le récipient où l'on veut

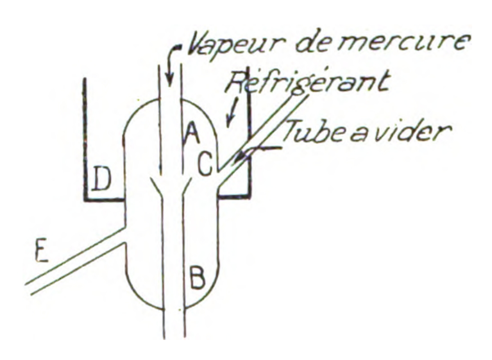


Fig. 2.

faire le vide ; de la vapeur de mercure injectée par la tubulure A s'écoule par B et entraîne le gaz de C par viscosité.

Un vide partiel est réalisé au moyen d'une pompe en communication avec l'espace C par un tube E, ce qui est nécessaire pour l'amorçage. Il est nécessaire que le jet de vapeur sortant de A soit immédiatement refroidi, sinon, des gouttelettes de mercure, rebondissant sur les parois de B, tendraient à se vaporiser de nouveau et remonter vers le récipient à vider, empêchant partiellement la sortie des molécules à extraire. Le réfrigérant D, qui provoque la condensation de cette vapeur de mercure, s'oppose à cette action nuisible.

Cet appareil donne le même vide que les pompes moléculaires et plus rapidement et nous avons ainsi divers moyens d'obtenir facilement le « vide noir » jusqu'au centmillième de mm. de mercure.

Pourquoi l'électricité ne passe-t-elle plus dans le vide noir ?

On pourrait penser que c'est à cause de l'absence de gaz, et que l'électricité ne peut passer dans le vide sans gaz. Ce sont

là deux erreurs, comme nous le verrons. Tout d'abord, il reste dans le vide noir un nombre de molécules extrêmement élevé. Faisons le calcul ; il entre dans la masse moléculaire de tout corps gazeux, masse occupant à la température de 0° et sous la pression atmosphérique 760 mm. de mercure un volume de $22^l,3$, un même nombre de molécules, que les meilleures déterminations fixent à $0,606 \times 10^{24}$. Réduisons la pression : le nombre des molécules décroîtra proportionnellement et nous en trouverons, sous une pression de $\frac{1}{10.000}$ mm. de Hg, 760×10^4 fois moins dans le volume moléculaire, soit environ $0,8 \times 10^{17}$; dans un millimètre cube, nous en aurons $\frac{0,8 \times 10^{17}}{22,3 \times 10^6}$, c'est-à-dire à peu près $3,6 \times 10^9$, plus de 3 milliards ! Si donc la décharge ne passe plus, la cause n'en est pas au manque de gaz dans le tube, mais, comme nous le verrons tout à l'heure, au manque d'électricité.

Avant tout, il nous faut revenir sur la théorie cinétique des gaz dont nous venons d'utiliser un résultat pour notre calcul. Cette théorie considère les gaz comme formés de petites particules distinctes, les molécules, qui circulent dans l'enceinte où ils sont renfermés avec des vitesses dirigées en tous sens dont la grandeur oscille autour d'une valeur moyenne que nous appellerons n ; si m est la masse d'une molécule, $\frac{1}{2} m n^2$ sera sa force vive.

Supposons une partie de la paroi constituée par un piston mobile : les molécules viennent le heurter, puis se réfléchissent ; si une molécule tombe normalement sur le piston avec la vitesse u et rebondit avec la vitesse opposée, c'est une quantité de mouvement $2\ m\ u$ qui est transmise au piston ; supposé libre, il se déplacera, il fuira sous le bombardement des particules ; il faut le maintenir pour qu'il reste au repos. Ainsi s'explique la pression.

Si la vitesse des molécules vient à doubler, il en est de même et de l'impulsion due à un choc et du nombre des chocs

du piston dans un même temps ; la pression se trouve multipliée par 4 ; elle sera donc proportionnelle à la force vive des molécules.

Or l'expérience montre que la pression d'un gaz dans une enceinte est proportionnelle à sa température : la température sera par suite définie comme mesure de la force vive moyenne des molécules.

Pour préciser, si M est la masse moléculaire d'un gaz définie pour l'instant comme la masse occupant un volume de $22^l,3$ dans les conditions indiquées plus haut, la théorie cinétique donne la relation :

$$\frac{M v^2}{2} = \frac{3}{2} R T, \qquad (1)$$

R étant la constante de l'équation des gaz parfaits :

$$p v = R T, \qquad (2)$$

constante qui est bien indépendante de la nature du gaz puisque nous considérons ici des masses occupant le même volume, sous la même pression et à la même température.

L'équation (1) nous montre que l'énergie cinétique moléculaire totale est la même pour tous les gaz.

Nous pouvons aller plus loin : la loi de Dalton nous apprend que la pression dans une enceinte du mélange de plusieurs gaz parfaits à la même température est la somme des pressions de ces gaz considérés comme occupant le volume de l'enceinte.

Ceci exige, on le démontre aisément, l'égalité des énergies cinétiques moyennes des molécules des différents gaz à la même température : $\frac{1}{2} m_1 u_1^2 = \frac{1}{2} m_2 u_2^2$. Et comme les énergies cinétiques moléculaires totales sont les mêmes, il en résulte la loi d'Avogadro : le même nombre de molécules entre dans toutes les masses moléculaires. C'est le célèbre nombre N d'Avogadro dont la détermination a été poursuivie par les physiciens au moyen des méthodes les plus variées.

L'une des plus curieuses, due à Lord Rayleigh, est tirée de

l'étude du bleu du ciel ; si le ciel est bleu, ce n'est pas en raison de l'existence d'une matière bleue répandue dans les régions supérieures, mais à cause de la diffraction de la lumière solaire par les molécules qui constituent l'atmosphère et sont, à grande distance du sol, très éloignées les unes des autres. La longueur d'onde de la lumière diffractée par une particule dépend des dimensions de cette particule : elle est d'autant plus petite que la particule est plus petite. Si nous faisions croître le rayon des molécules, le ciel nous paraîtrait jaune, puis rouge, si nous le faisions décroître, nous le verrions violet, de plus en plus noir, puis ce seraient pour nos yeux actuels la nuit totale.

Des formules données par Lord Rayleigh, les meilleures mesures (L. Brillouin au Mont Rose) tirent une valeur de N voisine de $0,6 \times 10^{24}$.

M. Jean Perrin a suivi une voie toute différente.

L'agitation moléculaire nous échappe parce qu'elle conduit pour les groupes considérables de molécules que nous percevons habituellement à un équilibre statistique.

Si nous traitons un solide libre comme une molécule, nous sommes conduits à lui attribuer la même force vive moyenne qu'à ces dernières : sa vitesse moyenne devient tout à fait négligeable dès que sa masse prend une certaine valeur. Mais, si nous observons la fumée d'une cigarette au microscope, nous voyons de petits grains s'agiter d'un mouvement désordonné comme des projectiles lancés en tous sens qui viennent se choquer ou choquer un obstacle constitué, par exemple, par une molécule d'air pour rebondir ensuite dans une autre direction.

On constate un phénomène semblable dans l'eau. Observons au microscope de l'eau aussi pure que possible et nous verrons l'agitation continuelle des poussières en suspension, poussières dont la vitesse est d'autant plus faible qu'elles sont plus grosses.

C'est le « mouvement brownien » connu dans les liquides depuis longtemps.

M. Perrin a été le premier à l'étudier méthodiquement en introduisant dans l'eau des impuretés connues de lui, c'est-à-dire en faisant des émulsions de certaines gommes dont les grains restent en suspension dans l'eau sous forme sphérique.

On peut constater par des mesures directes, que la demi-force vive moyenne de ces sphérules de rayons différents est toujours la même.

On est conduit à penser qu'elle est aussi la même que celle des molécules gazeuses dissoutes. C'est l'extension aux solutions diluées de la relation :

$$\frac{1}{2} M_1 u_1^2 = \frac{1}{2} M_2 u_2^2,$$

que nous avons rencontrée pour les gaz.

Bien plus, la théorie des solutions nous apprend que l'énergie cinétique moyenne des molécules est la même pour la solution que pour le gaz à la même température. Nous mesurons donc directement la quantité $\frac{1}{2} m u$ qui entre dans l'équation des gaz :

$$N \left(\frac{m u}{2} \right) = \frac{3}{2} R T,$$
$$= \frac{3}{2} p. v.$$

Tout est connu sauf N ; d'où la valeur de N, que Perrin trouve de l'ordre de :

$$0{,}6 \times 10^{24}.$$

Sans plus insister sur ces diverses mesures, cependant si intéressantes, disons que la valeur la plus vraisemblable, après discussion approfondie est :

$$N = 0{,}606.\ 10^{24}.$$

C'est le nombre de molécules contenues dans 2 grammes d'hydrogène.

Le poids des molécules en résulte aisément par une simple division : celui de la molécule d'hydrogène sera $\frac{2}{0{,}606 \times 10^{24}}$ $= 3{,}3 \times 10^{-24}$ et celui de l'atome :

$$1{,}65 \times 10^{-24}.$$

Quant aux vitesses, on les tire immédiatement de :

$$M \frac{u^2}{2} = \frac{3}{2} p. v.$$

et l'on trouve pour l'hydrogène : 1838 mètres à la seconde,

» l'oxygène : 461 »

» l'azote : 493 »

Ces vitesses sont de l'ordre des vitesses observées pour l'écoulement des gaz dans le vide à travers de petits orifices, ce qui est aisé à comprendre.

Ces nombres diffèrent de même assez peu de la vitesse du son, ce qui n'est pas étonnant, le son étant un mouvement vibratoire propagé par les molécules gazeuses qui ne saurait se transmettre plus rapidement qu'elles.

La théorie cinétique que nous venons d'esquisser rend compte des propriétés des gaz avec une précision généralement très satisfaisante.

Prenons par exemple la viscosité qu'utilisent nos pompes à vide.

Soit (fig. 3) un gaz se déplaçant au dessus d'une surface fixe S, un plan par exemple, avec une vitesse U (z) dépendant de sa distance Z à S.

Au voisinage immédiat du plan, le gaz est arrêté : $U = 0$.

Considérons deux plans voisins P, P', de cote z et $z + dz$ où les vitesses sont respectivement U et $V + dU$. Le gaz situé au dessus de P tend à entraîner celui qui est au-dessous, en

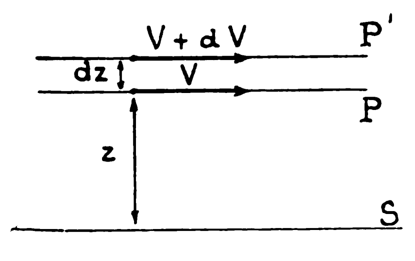


Fig. 3.

raison de la différence des vitesses moyennes ; si ces vitesses étaient les mêmes, cette action serait nulle. La force de frottement qui s'exerce ainsi dans le plan P est évidemment pro-

portionnelle à la surface et, comme il est à prévoir, à $\frac{du}{dz}$. Cette force est donc par cmq :

$$R = \eta \frac{du}{dz},$$

η étant ce que nous appelons le coefficient de viscosité.

La force opposée est évidemment exercée sur le gaz de la région supérieure par celui qui se trouve au dessous de P.

La théorie cinétique rend ainsi compte du phénomène : les molécules, à la cote Z, ont, en plus de l'agitation thermique correspondant à la température, une vitesse d'ensemble égale à U. Grâce à l'agitation, elles changent de niveau. Celles qui entrent dans une couche inférieure rencontrent des molécules animées d'une vitesse d'ensemble inférieure et leur cèdent, par suite des chocs, une partie de leur excès de quantité de mouvement suivant la direction d'entraînement. Le calcul qui précise ce mécanisme d'échange conduit au résultat suivant :

Le coefficient de viscosité η est égal à : $0{,}35 \times U_m \times d \times$, U_m étant la vitesse moyenne d'agitation moléculaire, d la densité, l le libre parcours moyen sur la définition duquel nous allons insister.

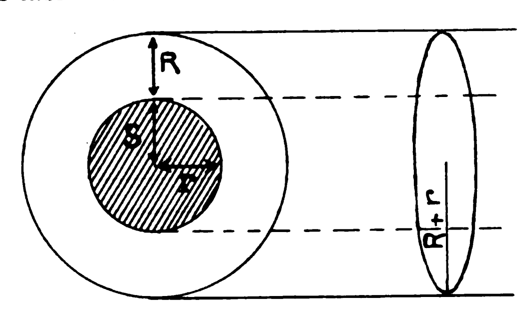


Fig. 4.

Considérons une molécule se déplaçant avec la vitesse U ; elle pourra décrire un trajet plus ou moins long entre deux chocs consécutifs avec une autre molécule ; la moyenne de ces parcours, moyenne prise, soit sur une molécule au cours de son histoire, soit sur un très grand nombre de molécules au même

temps, ce qui revient au même, est ce que l'on appelle le « libre parcours moyen ».

Nous allons le calculer : supposons une sphère S (fig. 4) de rayon r circulant dans un espace où se trouvent des sphères de rayon R. La sphère concentrique de rayon $R + r$ balaye un canal de section droite $\pi(R + r)^2$. Supposons arrêtées toutes les sphères de rayon R, nous obtiendrons le libre parcours moyen L en exprimant que dans le cylindre de section $\pi(R + r)^2$ et de longueur L il y a en moyenne un centre de molécule, c'est-à-dire que ce cylindre a pour volume $\frac{1}{n}$, si n est le nombre de molécules par unité de volume :

$$\pi (R + r)^2. \ L = \frac{1}{n},$$

d'où :

$$L = \frac{1}{n \pi (R + r)^2}.$$

Si nous considérons une molécule se mouvant parmi des molécules semblables, il nous faut poser :

$R = r$ et il vient :

$$L = \frac{1}{4 n \pi r^2}. \qquad (1)$$

Or on peut déterminer n expérimentalement.

De l'équation de définition de η, nous pouvons tirer le libre parcours moyen L et par suite le rayon moléculaire r, grâce à la relation précédente. Pour l'hydrogène à 0° sous la pression atmosphérique :

$$L = 15,8 \times 10^{-6} \text{ cm.}$$
$$= 15,8 \times 10^{-2} \, l,$$

c'est-à-dire de l'ordre du dixième de micron.

Dans les conditions normales, la molécule d'hydrogène ne

---

(1) Ces formules ne sont pas absolument rigoureuses : le calcul exact du libre parcours moyen devant tenir compte de la répartition des vitesses autour de leur valeur moyenne.

peut donc guère avancer de plus d' $\frac{1}{10.000}$ de mm. sans en choquer une autre.

Pour l'air, L est un peu plus petit, environ 8×10^{-6} cm.

Quant aux diamètres moléculaires, voici quelques chiffres :

Hydrogène.............	$2,4 \times 10^{-8}$ cm. $\left(\text{environ } \frac{3}{10.000} \mu\right)$
Argon (qui entre dans la proportion de 1 % dans l'atmosphère).........	$2,9 \times 10^{-8}$
Azote..................	$3,1 \times 10^{-8}$

Les gaz qui nous entourent sont donc formés de petites sphères d'environ $\frac{3}{10.000}$ de diamètre se déplaçant avec des vitesses de plusieurs centaines de mètres à la seconde ; mais ne pouvant parcourir plus d'un dixième de micron sans se choquer mutuellement, elles rebondissent sans cesse les unes sur les autres : telle est l'agitation moléculaire. Comme le montre la formule, le libre parcours moyen est en raison inverse du nombre des molécules, fait d'ailleurs évident. Si donc nous raréfions l'air dans une enceinte, nous augmentons le libre parcours moyen.

Il est de 158×10^{-7} cm. pour l'hydrogène à la pression atmosphérique ; sous une pression 10^7 fois plus petite, c'est-à-dire de $0,76 . 10^{-4}$ mm. de Hg, ce parcours moyen devient 158 cm. Cette pression est de celles que nous pouvons atteindre facilement et qui correspond au « vide noir ». Il y a bien encore 3 milliards de molécules par mmc, mais elles circulent sans se rencontrer, du moins très rarement si le libre parcours dépasse les dimensions de l'enceinte. Les chocs ne se produisent plus guère que sur les parois, les particules parcourant le domaine qui leur est offert sans se gêner mutuellement, telles des mouches emprisonnées dans un ballon.

Pour saisir les phénomènes dont le « vide noir » est le

théâtre, il nous faut maintenant exposer la théorie cinétique corpusculaire de l'électricité.

L'hypothèse de la structure discontinue de l'électricité s'est imposée de plus en plus impérieusement au cours du dernier quart de siècle.

Elle remonte d'ailleurs plus loin, aux lois de Faraday sur l'électrolyse.

On sait qu'une même quantité d'électricité passant dans différents voltamètres provoque des dégagements gazeux ou des dépôts métalliques sur les électrodes dont les masses ne dépendent que de la nature du corps recueilli.

C'est ainsi que si l'on fait passer le courant jusqu'à libération de 8 grammes d'oxygène, on recueille en même temps :

1g,008 d'hydrogène,
107g, 88 d'argent,
63g, 57 de cuivre.

Mais 16, 1,008, 107,88, 63,57 sont précisément les masses atomiques de l'oxygène, de l'hydrogène, de l'argent et du cuivre. L'hydrogène et l'argent sont monovalents ; l'oxygène et le cuivre bivalents ; les nombres proportionnels donnés par l'électrolyse, les équivalents électrochimiques, comme on les appelle, sont donc les quotients des masses atomiques par la valence.

La détermination de la quantité d'électricité correspondant à un équivalent se fait par l'électrolyse de l'azotate d'argent, la masse du dépôt d'argent pouvant être mesurée avec la plus haute précision. On trouve ainsi que l'unité électromagnétique C. G. S. (10 coulombs) dépose 11mg,1827 d'argent ; à la masse atomique de l'argent, comme de tout monovalent, correspond donc :

$$\frac{107,88}{0,0111827} = 9647 \text{ U E M} ;$$

rappelons-nous maintenant que les masses moléculaires contiennent $0,606 \times 10^{24}$ molécules, les masses atomiques le même

nombre d'atomes et nous aurons pour charge de l'atome monovalent de l'hydrogène, par exemple :

$$\frac{9647}{0,606 \times 10^{24}} = 1,59 \times 10^{-20} \text{ UEM CGS.}$$

Cette charge liée à l'atome a reçu le nom d'*électron*. Il semble bien que ce soit la plus petite charge d'électricité qui puisse exister : l'électricité serait donc de nature corpusculaire comme la matière, ses atomes étant les électrons.

Faisons encore une expérience facile d'électro-technique.

Prenons un condensateur dont les plateaux sont à 20 cm. l'un de l'autre. Chargeons-les à la tension V ; la charge par cmq sera :

$\frac{V}{4\pi v^2 d}$ (dans le système électromagnétique, v étant la vitesse de la lumière : 3.10^{10}),

si la tension est d' $\frac{1}{10.000}$ volt, soit 10^4 U E M, tension que l'on sait très bien réaliser dans les laboratoires, la densité superficielle est :

$$\frac{10^4}{4 \times 3,14 \times 20 \times 9 \times 10^{20}} \text{ ou } \frac{10^4}{250.9.\ 10^{20}} \text{ U E M.}$$

Combien d'électrons par cmq ?

$$\frac{10^4}{250.9.\ 10^{20}.\ 1,59.\ 10^{-20}} = 3 \text{ environ.}$$

Il n'y a donc que 3 électrons en moyenne par cmq de nos armatures.

Nos notions courantes d'électrostatique ne peuvent donc s'appliquer ici ; nous avons des densités extrêmement grandes sur l'élément de surface qui contient un électron, des densités nulles ailleurs.

Nos conceptions habituelles n'ont de sens que statistique, par le jeu des grands nombres ; à l'échelle moléculaire, elles ne correspondent plus à la réalité puisque nous rencontrons le discontinu au lieu du continu qu'elles impliquent.

Les connaissances que nous venons d'acquérir nous permettent maintenant de revenir au problème de la décharge dans le vide.

Si, dans le « vide noir », l'électricité ne passe pas, c'est qu'elle reste sur les électrodes. Mais, une fois dans ce vide, elle y circulerait avec la plus grande facilité ; en fait, le « vide noir » est le meilleur conducteur de l'électricité.

Pour le voir, il suffit de chauffer l'électrode négative, la cathode. Prenons pour cathode le filament d'une lampe à incandescence (fig. 5). Elle émettra alors des particules d'électricité négative qui se déplaceront librement dans le tube dans le sens des potentiels croissants.

Rien ne gênera leur course, puisque dans ce vide noir elles n'ont pas à craindre de rencontres avec des molécules qui les arrêtent ; elles parviennent d'un bond à l'anode avec une demi-

Cathode incandescente

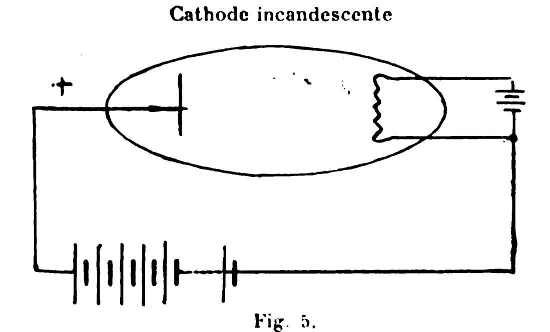


Fig. 5.

force vive égale au travail effectué :

$$\frac{1}{2} M U^2 = V e$$ (V étant la différence du potentiel, e la charge).

Cette force vive se transforme en chaleur et on constate en effet que l'anode est fortement chauffée.

Le phénomène que nous venons de décrire constitue l'émission thermionique, émission de « rayons cathodiques » par une cathode incandescente. Les particules sont lancées en ligne droite dans la direction du champ électrostatique et si l'anode est sur le côté, elles rencontrent la paroi avant de gagner l'anode, provoquant par leur choc l'émission de rayons X comme nous le verrons dans la suite.

L'émission cathodique est unipolaire : il est essentiel que l'électrode chauffée soit la cathode. Si on établit entre les 2 élec-

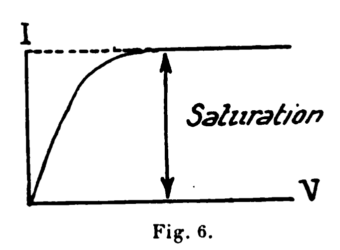


Fig. 6.

trodes une différence de potentiel alternative, le courant ne passe que lorsque l'électrode incandescente est négative.

C'est aisé à comprendre, les électrons ne pouvant se déplacer que vers les potentiels croissants.

Mesurons la différence de potentiel aux bornes et le courant : nous obtenons, pour représenter le courant en fonction de la tension la courbe ci-contre (fig. 6) : le courant, nul pour une tension nulle, s'accroît avec elle, puis reste constant ; c'est alors le courant de saturation, il est facile d'en rendre compte.

Dès que le champ électrostatique est assez puissant pour transporter sur l'anode tous les électrons émis, il ne sert plus à rien de l'augmenter.

Introduisons maintenant dans le tube une troisième électrode, nous aurons un nouveau champ électrique qui agira sur la particule en mouvement.

Cette électrode nous permet donc de régir le courant cathodique. Généralement le dispositif est réalisé de la façon suivante (fig. 7) : la cathode, constituée par un filament chauffée par une batterie de 4 ou 6 volts, l'anode par une plaque métallique, la troisième électrode par une grille interposée entre les deux. Si la grille est négative, elle repousse les électrons qui atteignent plus difficilement l'anode ; on agit donc sur le courant filament-plaque en faisant varier la tension de la grille.

C'est l'audion, une grande découverte datant de 1906 et due à l'ingénieur américain Lee de Forest. L'introduction de cet audion a réellement révolutionné la technique de la radiotélégraphie et de la radiotéléphonie.

C'est un relais merveilleux puisqu'il permet, au moyen d'une dépense d'énergie insignifiante, si on l'utilise au voisinage du zéro du courant grille, de régir, en faisant varier la tension sur cette grille, le courant filament-plaque qui peut, lui, être important.

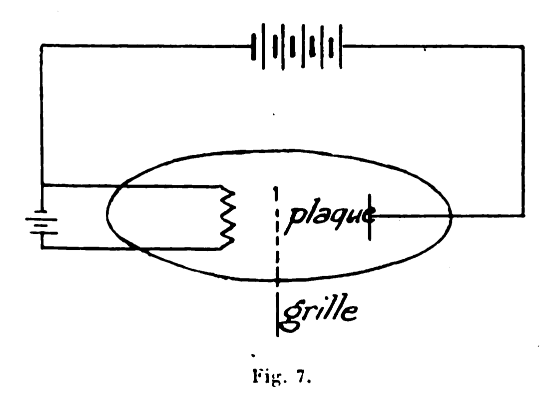


Fig. 7.

L'audion peut jouer le rôle d'amplificateur, de détecteur pour la haute fréquence et de générateur d'oscillations.

D'autre part, une particule électrisée en mouvement constitue un élément de courant sur lequel on peut agir par un champ magnétique : si donc nous considérons un électron de charge e se déplaçant avec une vitesse u dans un champ électromagnétique, il sera soumis à 2 forces : l'une égale à e H et dirigée suivant H, H étant l'intensité du champ électrostatique, l'autre normale à sa trajectoire et au champ magnétique M, égale à M e v Sin α, α étant l'angle des directions de M et de n. Dans le cas de la figure 8 où H et M sont parallèles et perpendiculaires tous deux à la vitesse U de l'électron, on voit que la force électrique déviera la trajectoire vers le bas du plan de la figure et la force magnétique normalement à ce plan, vers l'avant (en tenant compte du signe négatif de e).

Cela posé, si nous perçons un orifice dans l'anode, les rayons cathodiques pourront la traverser, et au delà ils seront soustraits à l'influence du champ électrique qui a permis leur production ; ce seront des électrons libres, nous pourrons les recevoir sur

une plaque photographique et noter leur point de chute, leur impact, comme on dit. Nous les soumettrons ensuite à un champ

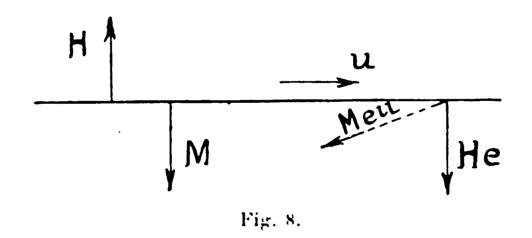


Fig. 8.

électrique et à un champ magnétique et, des déviations observées, nous déduirons la vitesse de U et le rapport $\frac{e}{m}$ de la charge électrique à la masse des électrons.

Ce rapport $\frac{e}{m}$ a été trouvé égal à 1845 fois celui de la charge à la masse de l'atome d'hydrogène. Si la charge des particules est bien la même que la charge élémentaire rencontrée dans l'électrolyse, la masse de l'électron est donc $\frac{1}{1845}$ de celle de l'atome d'hydrogène. Or, on peut déterminer directement cette charge : le principe d'une des meilleures méthodes consiste à faire capter les électrons par des gouttelettes en suspension entre les armatures d'un condensateur ; on observe leur mouvement individuel qui présente de brusques variations dues à la capture des charges élémentaires (fig. 9).

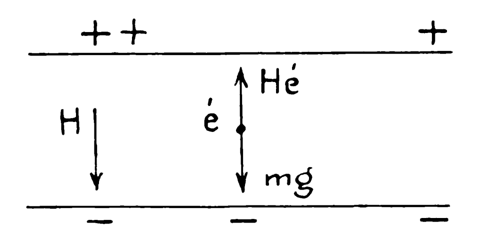


Fig. 9.

Si v est la vitesse de la goutte sous l'action de la gravité

seule, v' sa vitesse après capture d'un électron, on a, en admettant une force de frottement proportionnelle à la vitesse :

$$\frac{He' - mg}{mg} = \frac{v'}{v}.$$

Mais la connaissance de v, vitesse de chute dans l'air, permet, d'après les lois du frottement (loi de Stokes, par exemple), de calculer le rayon des gouttelettes, par suite leur masse, et la formule donnée plus haut fournit e.

On trouve bien ainsi :

$$e = 1.591.\ 10^{-20}\ \text{U E M},$$

comme dans l'électrolyse, de sorte que :

$$m = 9.10^{-28}\ \text{grammes}.$$

Examinons maintenant les vitesses ; si nous appliquons la formule :

$$\frac{1}{2} m u^2 = V e,$$

nous trouvons une vitesse en kilomètres par seconde de 600 pour une tension de 1 volt, 6.000 pour 100 volts, 60.000 pour 10.000 volts.

L'expérience vérifie bien ces prévisions. Mais si nous appliquons une tension de 1.000.000 volts, le calcul nous donne une vitesse de 600.000 km. par seconde, tandis que l'expérience donne 291.000.

C'est que, si aux faibles vitesses e et m sont constants, il n'en est plus de même aux vitesses de l'ordre de celle de la lumière ; e reste bien constant, mais on trouve que $\frac{e}{m}$ diminue : m augmente :

Si m_0 est la valeur initiale de la masse (masse au repos) la masse à la vitesse u est :

$$M = \frac{M_0}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$$

où c est la vitesse de la lumière (3.10^{10} cm. par sec.). L'étude de la plaque photographique par laquelle sont reçus les électrons

vérifie parfaitement cette loi. L équation habituelle des forces vives doit donc être remplacée par :

$$\frac{1}{2}\frac{M_0\, u}{\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}}=e\mathrm{V}.$$

U ne peut jamais atteindre c, le premier membre devenant alors infini ; la vitesse d'un électron ne peut atteindre celle de la lumière.

En fait, la vitesse de la lumière joue en physique, un rôle tout à fait privilégié ; nous touchons ici à un nouveau corps de doctrines, à la théorie de la relativité d'Einstein dont le point de départ a été cette constatation, théorie qui s'est développée avec tant de succès ces dernières années, mais que nous ne pouvons que signaler aujourd'hui.

Indiquons cependant un fait capital : la masse s'accroît avec l'énergie cinétique, comme il résulte de la formule que nous avons donnée ; cette énergie est donc *inerte* et aussi *pesante*, puisqu'il y a identité entre les masses d'inertie et de gravitation. Naturellement, l'énergie cinétique n'aura pas le privilège de cette propriété : on est conduit à poser que la masse d'un corps est égale à $\frac{E}{c^2}$, au quotient de la quantité d'énergie qu'il contient par le carré de la vitesse de la lumière.

Après avoir étudié les phénomènes dans le tube à « vide noir » faisons rentrer le gaz peu à peu. Le filament étant porté à l'incandescence, une tension positive V mise sur la plaque, je construis de nouveau la courbe $I = \varphi(V)$ (fig. 10). Tout d'abord, j'ai la même courbe que précédemment. Mais si le vide touche au millième de mm. de Hg seulement, après le palier de saturation, la courbe des intensités se relève. D'où provient l'augmentation de courant alors que l'intensité du champ épuisait la production d'électrons du filament ?

Elle provient du choc des électrons avec les molécules restant dans le tube : l'électron brise la molécule, détache d'elle un électron négatif en la laissant chargée positivement.

Ainsi se multiplient les électrons dans le tube, ainsi peut croître le courant.

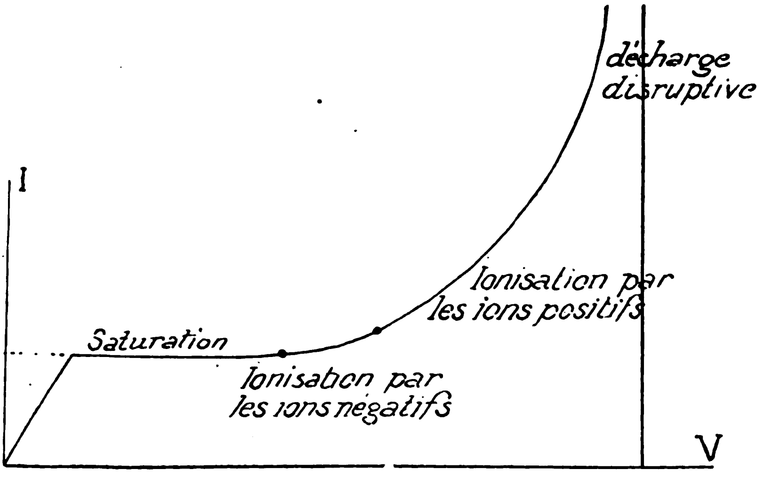


Fig. 10.

Mais ce n'est pas tout : au lieu d'obtenir une saturation, nous arrivons à un nouveau coude : c'est que nous avons dans le tube les ions positifs constitués par les molécules privées d'électrons, qui circulent, eux, au contraire, dans le sens des potentiels décroissants (fig. 11). Ils vont aussi rencontrer des molécules,

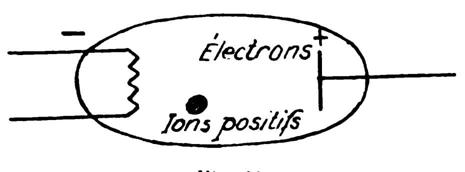


Fig. 11

les dissocier : ce sera l'ionisation par les ions positifs. Le courant continue à croître et nous aboutissons à la décharge disruptive, un arc s'amorce dans le tube.

Cette théorie de l'ionisation rend compte de la manière la plus satisfaisante de tous les phénomènes de conductibilité des gaz. L'air non ionisé est un isolant parfait, mais sous l'influence de la lumière, surtout de la lumière ultra-violette, il s'y produit des

centres positifs et négatifs et il devient conducteur. C'est même à la conductibilité de l'air dans les hautes régions sous l'influence des rayons ultra-violets du spectre que nous devons sans doute certaines anomalies favorables du phénomène de la propagation des ondes électromagnétiques à la surface du globe, anomalies qui nous permettent de radiotélégraphier aux plus grandes distances.

Cette ionisation peut aussi se produire sous l'influence de certaines réactions chimiques (oxydation du phosphore, notamment).

Les rayons X, le rayonnement des corps radioactifs (par l'action des rayons β analogues aux rayons cathodiques qu'il contient) sont aussi capables d'ioniser les gaz.

L'expérience destinée à la mesure de la charge élémentaire dont nous exposions tout à l'heure le principe a été précisément réalisée par Millikan dans les meilleures conditions en utilisant l'ionisation par les rayons X de l'air compris entre les plateaux d'un condensateur : c'est grâce à cette ionisation qu'une gouttelette d'huile en suspension peut capter des électrons et que l'on peut de l'étude de son mouvement tirer la valeur de la charge élémentaire.

Dans le vide maintenant relatif de notre tube, il est possible de faire passer la décharge sans l'artifice d'une cathode incandescente : on y observe des rayons cathodiques et des rayons X, c'est même ainsi qu'on les a découverts. En effet, l'air est toujours un peu ionisé, et les centres électrisés existant rendront possible le passage de l'électricité. On aura deux séries de projectiles, les électrons, qui constituent les rayons cathodiques et les ions positifs qui se dirigent, eux, vers la cathode. Ils vont moins vite puisque leur charge étant la même que celle des électrons, leur masse est environ 2.000 fois plus grande; ils ne font que quelques milliers de kilomètres à la seconde.

Perçons la cathode (fig. 12) de manière à laisser passer l'afflux cathodique : les rayons positifs peuvent alors être observés en arrière de la cathode ; ils l'ont été par Goldstein-Thomson et plus récemment Aston. Autrefois Villard les avait étudiés en avant de la cathode.

Ces rayons positifs sont naturellement déviables par un champ électrique et un champ magnétique, mais en sens inverse des électrons, leur charge étant de signe contraire. On peut déterminer la charge et la masse des particules : on reconnaît bien que la charge est égale et opposée à celle de l'électron ; quant à

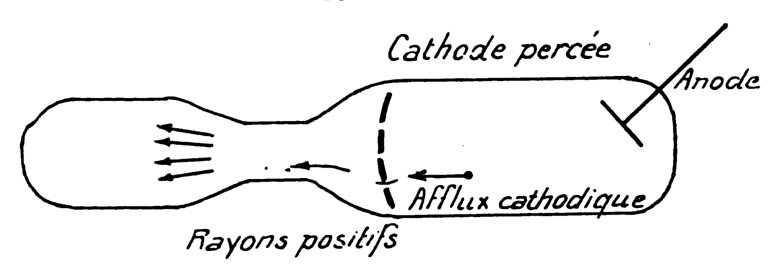


Fig. 12.

la masse, c'est celle de la molécule ou de l'atome après la perte de la particule négative. Les expériences sont d'ailleurs plus délicates, les déviations étant bien plus faibles que pour les rayons cathodiques.

M. Aston a modifié récemment le dispositif de l'expérience en faisant agir en sens contraire le champ électrique et le champ magnétique de manière à éliminer l'influence de la vitesse et à concentrer en un même point les rayons positifs constitués par des éléments de même masse, quelle que soit leur vitesse. Si l'on a un gaz dans le tube, on trouve un point de concentration ou une raie si le faisceau est limité par une fente, dont la position caractérise la nature du gaz. Un mélange gazeux donne un ensemble de raies qui constitue le « spectre de masse » suivant l'expression de M. Aston.

Prenant pour base l'oxygène dont le poids atomique est posé égal à 16, on peut ainsi déterminer par lecture directe les poids atomiques des gaz avec une précision qui atteint le millième. On trouve pour l'hydrogène 1,008, pour l'hélium 4,000, soit le quart de l'oxygène exactement, pour l'argon 40, pour le néon dont le poids atomique est voisin de 21, on trouve 2 raies fortes correspondant à 20 et 22 et une raie faible à 21. Pour le chlore dont le poids atomique est 35,5, on trouve 2 raies, l'une à 35, l'autre à

37. Pour le mercure, Aston trouve une raie faible à 204, une raie forte à 202 et une multitude de raies comprises entre 197 et 200. Il y a donc 3 néons, 2 chlores et un grand nombre de mercures.

Ce sont les « isotopes », corps qu'aucune expérience de chimie n'a encore su séparer et dont nous connaissons l'existence par les seuls phénomènes du tube à vide.

Les progrès de la chimie réussiront sans doute dans un avenir prochain à les isoler effectivement.

Nous avons donc obtenu déjà des résultats du plus haut intérêt sur l'atome : il nous reste à en préciser l'organisation interne. C'est ce que nous ferons en montrant quel agencement d'électrons distingue les divers corps.

Mais il nous faut d'abord revenir sur la nature des rayons X ou rayons de Röntgen qui constitueront pour nous le moyen d'investigation le plus précieux.

Les rayons de Röntgen sont, on le sait, provoqués par le choc des électrons sur une anticathode. Les particules cathodiques incidentes sont arrêtées (fig. 13) sur une distance $O_1 O_2$ extrêmement faible par la substance de l'anticathode, d'où deux effets :

1°) Un ébranlement électromagnétique, une onde de choc qui, au temps t, compté à partir du passage de l'électron en O_1, se trouvera localisé entre 2 sphères, l'une de centre O_1 et de rayon

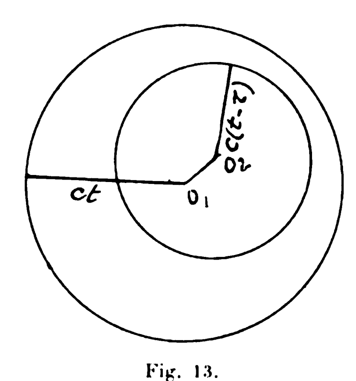


Fig. 13.

ct, l'autre de centre O_2 et de rayon $c(t - \tau)$, τ étant le temps d'arrêt et c la vitesse de la lumière, de la propagation des ondes

électromagnétiques. Cette fracture du rayonnement est polarisée.

2° Une mise en vibration, sous l'influence du choc, des électrons présents dans l'atome de l'anticathode, d'où l'émission d'un rayonnement X caractéristique de la substance de l'anti-cathode — rayonnement non polarisé et dont la propagation est identique dans toutes les directions.

Les rayons X ne présentent pas de réflexion régulière ; leur longueur d'onde est, en effet, extrêmement petite et, à son échelle, la surface des corps ordinaires ne présente plus aucune régularité, de sorte qu'une diffusion remplace la réflexion. Pour la même cause, on ne peut espérer obtenir de diffraction avec les réseaux optiques usuels. Il faut recourir aux corps cristallisés, les seuls dont la structure présente une symétrie assez parfaite pour jouer le rôle de réseaux dans le domaine des très courtes longueurs d'onde. Les atomes d'un corps cristallisé se trouvent en effet disposés aux nœuds d'un réseau polyédrique ; pour le chlorure de sodium NaCl, par exemple, qui cristallise dans le système cubique, il faut nous représenter (fig. 14) un pavage de cubes d'arête d, aux sommets desquels alternent des ions positifs Na et

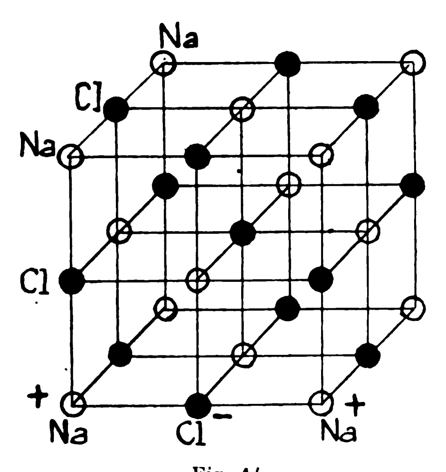


Fig. 14.

des ions négatifs Cl. Le calcul de d résulte aisément de la connaissance du nombre d'Avogadro : la fréquence dans l'espace

des cubes élémentaires est en effet égale à celle des sommets puisque, si un cube a 8 sommets, chaque sommet appartient à 8 cubes du réseau ; nous aurons donc, dans la masse moléculaire M de NaCl, autant de cubes que d'ions soit 2 N (puisqu'il a N ions Na et N ions Cl) ; le volume occupé par la masse M sera donc 2 N d^3 ; mais c'est aussi $\frac{M}{\rho}$, ρ étant la densité du cristal ; donc :

$$2\,N\,d^3 = \frac{M}{\rho}$$

ou :

$$d = \sqrt[3]{\frac{M}{2\,N\rho}}.$$

Pour la calcite qui cristallise aussi dans le système cubique et qui a permis d'excellentes mesures, on trouve :

$$d = 3{,}03 \times 10^{-8}\ \text{cm}.$$

C'est en 1912 que Laue découvrit les spectres de rayon X en manifestant leur diffraction par les réseaux cristallins. Les Bragg entreprirent ensuite une étude plus systématique ; elle repose sur l'existence d'une réflexion régulière pour certaines valeurs privilégiées de l'incidence.

Nous pouvons nous en rendre compte de la manière suivante : un réseau cristallin est constitué par un système de plans réticulaires jouissant des mêmes propriétés, et se succédant à la distance d. L'onde incidente tombant sur la face d'un cristal peut se réfléchir sur l'un quelconque des plans parallèles à cette face ; il y aura réflexion régulière si les mouvements vibratoires correspondant aux réflexions élémentaires se trouvent en concordance de phase dans l'onde réfléchie : sinon on montre facilement par le calcul que l'énergie de cette onde réfléchie est négligeable.

Cherchons donc la condition de concordance.

S_0 étant (fig. 15) le rayon incident, nous avons à envisager des trajets tels que S O A, S O B C A′, S O B D E F A″.

Deux de ces chemins consécutifs présentent évidemment la même différence $OB + BC - OK$, K étant la projection de C

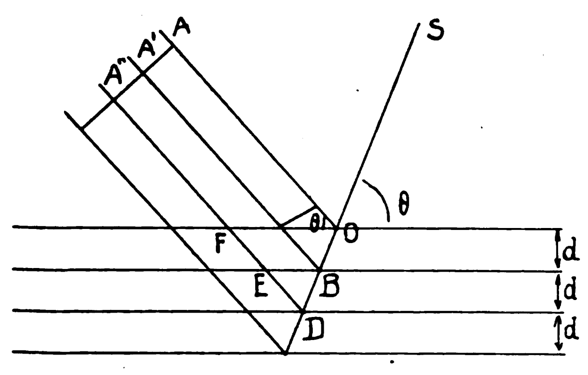


Fig. 15.

sur OA. Or : $OB = BC = \frac{d}{\operatorname{Sin}\theta}$; $OK = OC \cos\theta = 2\,d \operatorname{cotg}\theta \cos\theta = 2\,d\,\frac{\cos^2\theta}{\sin\theta}$, la différence est donc $\frac{2\,d}{\sin\theta}(1 - \cos^2\theta) = 2\,d \sin\theta$. Exprimons que c'est là un nombre entier de longueurs d'onde : $2\,d \sin\theta = n\,\lambda$. Prenant pour n les entiers successifs, nous obtenons tous les angles d'incidence donnant lieu à une réflexion régulière : la mesure de ces angles fournit donc la longueur d'onde du rayonnement utilisé.

L'expérience montre que λ est d'autant plus faible que le tube est plus dur, c'est-à-dire que la tension V nécessaire au passage augmente. Plus exactement, à toute valeur de V correspond un spectre limité très nettement du côté des courtes longueurs d'onde. L'énergie de l'électron incident étant :

$W = \frac{1}{2} m u^2 = V e$, on trouve que la fréquence supérieure limite ν du rayonnement X est donnée par :

$$W = V e = h\,\nu,$$

où $h = 6{,}555 \times 10^{27}$ C. G. S., d'où :

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{h\,c}{V e}.$$

La constante universelle h représente une énergie multipliée par un temps, une *action*. C'est l' « atome d'action » sur lequel nous reviendrons tout à l'heure.

Effectuons d'abord le calcul précédent :

$h = 6{,}555.\ 10^{-27}$; $c = 3.\ 10^{10}$; $e = 1{,}59.\ 10^{-20}$; $1^{\text{volt}} = 10^8$ U E M. Si V est le potentiel en volts, λ sera donc mesurée en centimètres par :

$$\lambda = \frac{6{,}555 \times 10^{-27} \times 3 \times 10^{10}}{1{,}59 \times 10^{-20} \times 10^{8} \times V} = 10^{-4} \times \frac{1{,}23}{V}.$$

Pour V = 1 volt, on reste donc dans l'infra-rouge,
Pour V = 2 volts, on atteint la raie D,
Pour V = 3 volts, on atteint le violet ($0^{\mu},4$ ou 4.000 A°),
Vers 6 volts, c'est l'ultra-violet de Schumann (1.850 A),
Vers 24 volts, c'est l'ultra-violet de Lyman (500 A),
Vers 60 volts, on a les rayons X de Millikan (202 A°),
Vers 60.000 volts, on a des rayons γ très durs (0,2 A°).

La relation $W = h\nu$ met en évidence ce fait capital qu'*un atome ne peut émettre de la lumière de fréquence* ν *que par trains d'ondes cohérents emportant en bloc une énergie* $h\nu$ (loi de Planck-Einstein).

La fréquence limite est ici obtenue lorsque toute l'énergie de l'électron incident se trouve dans le rayonnement secondaire.

La loi de Planck est de la plus haute importance puisqu'elle nous révèle que les échanges énergétiques de la matière et de l'éther se font par bonds discontinus, par *quanta*.

Il nous est impossible de faire ici un exposé systématique de la théorie des quanta qui n'a pas d'ailleurs atteint sa forme définitive. Montrons sur des exemples quels résultats paradoxaux elle permet de traduire, sinon d'expliquer.

Les rayons cathodiques déterminent par leur arrêt, comme nous l'avons vu, une onde de choc qui constitue une coque d'autant plus mince que l'arrêt est plus rapide. C'est un fait des plus curieux que l'épaisseur de cette coque diminue si l'énergie de l'électron incident augmente : l'électron est arrêté d'autant

plus vite que sa vitesse est plus grande. Sommerfeld en rend compte en admettant que l'absorption est régie par la loi :

$$\int_0^\tau \mathcal{H}\, d\, t = \frac{h}{2\,\pi},$$

où $\mathcal{H} = T - U$ est la différence de l'énergie cinétique de l'électron et de son énergie potentielle U vis-à-vis de l'atome qu'il choque. Il suppose U négligeable et alors l'équation :

$$\int_0^\tau T\, d\, t = \frac{h}{2\,\pi}$$

détermine un temps d'arrêt inversement proportionnel à la force initiale et une distance d'arrêt inversement proportionnelle à la vitesse. Nous voici bien loin de la balistique où, pour augmenter la pénétration du projectile dans un blindage, nous accroissons autant que possible son énergie cinétique. L'émission des particules cathodiques par un métal frappé, soit par des rayons Röntgen (phénomène inverse de la production des rayons X) soit par de la lumière ultra-violette (effet photo-électrique) relève aussi de la théorie nouvelle.

Voici les lois de l'effet photo-électrique normal auquel nous nous limiterons :

Le courant photo-électrique est caractérisé par 2 facteurs :

1) Le nombre des électrons émis par unité de temps ;

2) Leur vitesse.

Si l'intensité de la lumière augmente, à une même fréquence, le nombre des électrons libérés augmente, mais non leur vitesse.

C'est au contraire la vitesse qui augmente si on fait croître la fréquence de la lumière incidente ; l'émission ne se produit d'ailleurs que si cette fréquence est supérieure à une fréquence ν_0 caractéristique du métal.

Ces propriétés s'expliquent aisément si nous admettons la structure discontinue du rayonnement lumineux incident, les *quanta de lumière* d'Einstein.

Dans cette hypothèse, l'énergie radiante n'est pas répartie uniformément sur le front de l'onde, mais elle est rassemblée en faisceaux dont l'énergie ne varie pas au cours du trajet le

long d'une ligne de force. Si la lumière tombe sur une plaque métallique, l'accroissement de la distance de la plaque à la source diminuera bien le nombre des faisceaux incidents sans rien changer à l'énergie ni à l'action d'un faisceau individuel : la vitesse des électrons émis ne dépendra donc pas de l'intensité de l'éclairement. Si nous supposons l'unité d'énergie lumineuse proportionnelle à la fréquence : $\varepsilon = h\nu$, nous retrouvons bien l'accroissement de la vitesse avec la fréquence.

Un exemple de J. J. Thomson montre combien peu d'unités lumineuses peuvent exister dans le rayonnement : supposons une lumière d'intensité 18^{-4} ergs par seconde tombant sur l'unité de surface (le cmq), c'est une lumière perceptible bien que faible. L'énergie précédente remplirait un cylindre de base 1 cmq ayant pour hauteur le trajet de la lumière dans la seconde, soit $3.\ 10^{10}$ cm. La densité de la lumière est donc de $\frac{10^{-4}}{3.10^{10}} = \frac{1}{3}\, 10^{-14}$ ergs par cmc. Si nous considérons la lumière ultra-violette de Lenard pour laquelle le quantum $h\nu$ est de 10^{-12} ergs, nous trouvons en moyenne un quantum par 300 cmc. La structure de la lumière serait donc grossière.

Revenons maintenant à l'organisation de l'atome. Dès 1901, Perrin envisageait l'atome comme un système analogue au système solaire constitué par un centre positif ou noyau autour duquel gravitent des électrons négatifs. L'atome étant électriquement neutre, la charge du noyau est un multiple de e égal au nombre des électrons : ce nombre, représenté par $N\,a$ est le *nombre atomique*. Si l'atome perd un électron, il prend la charge positive e : c'est l'ion positif que nous avons rencontré dans l'ionisation des gaz ; il ne nous donne pas immédiatement de renseignements sur la charge du noyau.

C'est Barkla et Ladler qui ont les premiers déterminé le nombre atomique $N\,a$ par une méthode analogue à celle qui dénombre les molécules de l'atmosphère au moyen de l'étude photométrique du bleu du ciel. Mais ici les radiations lumineuses ne seraient d'aucun secours, leur longueur d'onde étant beaucoup

trop grande vis-à-vis des dimensions atomiques. Tandis que les rayons de Röntgen, en traversant une molécule, frappent successivement chaque électron : les électrons constituent le résonateur élémentaire et le pouvoir diffusif d'une lame métallique est proportionnel au nombre des électrons qu'elle contient, c'est-à-dire au produit par le nombre atomique du nombre de ses atomes. Barkla et Salder ont montré que Na était sensiblement la moitié du nombre mesurant la masse atomique.

Leurs résultats furent confirmés au laboratoire de Rutherford par une méthode toute différente : l'étude des collisions avec les noyaux atomiques des particules α projetées par la désintégration des atomes radioactifs et constituées par des noyaux d'hélium. Les rayons α ne sont que peu influencés par les électrons superficiels, mais leur rencontre avec les noyaux produit des déviations notables : on peut déduire de l'étude de ces déviations la valeur des forces répulsives qui s'exercent au moyen du choc et par suite la charge des noyaux atomiques.

Le nombre atomique fixe, d'une manière plus précise que la masse atomique, les propriétés de l'atome. Moseley a en effet reconnu que la fréquence caractéristique ν du rayonnement X émis par un corps satisfait approximativement à la loi suivante : $\sqrt{\nu}$ est une fonction linéaire du nombre atomique :

$$\sqrt{\nu} = A\,(Na - b)$$

où A et b sont des constantes dont nous préciserons d'ailleurs ultérieurement la signification.

Il faut entendre ainsi la loi de Moseley : tous les éléments ont essentiellement le même spectre ; ce spectre ne diffère d'un corps à l'autre que par l'écartement et la position des lignes : or on peut ordonner les fréquences des séries homologues de raies suivant les nombres atomiques croissants et on obtient ainsi la formule précédente.

Indiquons d'une manière synthétique à quelles représentations on s'est trouvé conduit pour les différents atomes.

Pour $Na = 1$, c'est l'hydrogène : un seul électron circule autour du noyau ; pour $Na = 2$, l'hélium : les deux électrons

circulent sur deux orbites distinctes : ce sont des noyaux d'hélium qui constituent le rayonnement α des corps radioactifs ; une 3e orbite apparaît avec le lithium ($Na = 3$). C'est sur cette dernière que vont se distribuer les électrons lorsque Na prend les valeurs entières successives jusqu'à 10. Pour $Na = 10$, on trouve le néon sur la trajectoire extérieure duquel gravitent 8 électrons, ce qui lui confère le maximum de stabilité ; $Na = 11$ correspond au sodium : un électron gravite sur la 4e orbite qui se trouve saturée pour l'argon ($Na = 18$). Le sodium et le lithium, le phosphore et l'azote, le soufre et l'oxygène, le chlore et le fluor par exemple constituent des groupes de corps ayant même nombre d'électrons périphériques : c'est ce nombre qui règle les propriétés chimiques, de sorte qu'on s'explique les analogies constatées.

Cette belle périodicité de 8 ne se poursuit malheureusement pas : lorsque la structure se complique, des électrons peuvent passer sur des trajectoires internes ; disons seulement qu'on arrive à rendre assez bien compte de l'existence des familles chimiques. Le dernier élément est l'uranium ($Na = 92$), corps radioactif dont descendent entre autres, comme nous le verrons, le radium et le plomb.

Montrons sur un exemple comment Kossel ramène à des problèmes purement électrostatiques ceux qui concernent la valence et les attractions d'atome à atome : étudions le cas du chlorure de sodium. L'orbite extérieure du sodium possède un électron ; celle du chlore en a 7. L'électron isolé du sodium saute sur l'orbite externe de Cl et lui donne sa forme la plus stable ; l'atome de Na qui a perdu un électron se trouve chargé positivement, et celui de chlore qui en a gagné un, négativement, d'où évidemment attraction entre $\overset{+}{\text{Na}}$ et $\overset{-}{\text{Cl}}$ pour former Na Cl.

Nous allons maintenant exposer quel parti Bohr a su tirer de la théorie des quanta pour préciser la disposition des raies spectrales.

La théorie pose que l'action mise en jeu par un électron au cours d'une de ses révolutions autour du noyau, action dont la

valeur est $mv \times 2\pi a$ (m étant sa masse, v sa vitesse, a le rayon du cercle qu'il décrit) est égale à nh, n étant un entier, h la constante de Planck ;

$$(1) \quad mv + 2\pi a = nh.$$

Encore une fois, il faut nous faire quelque peu violence pour admettre cette relation qui semble tomber du ciel ; mais nous en serons bientôt récompensés.

Entre l'électron de charge négative, e, et le noyau de charge positive $Na\ l$ s'exerce une attraction électro-statique : $\frac{Na\ l^2}{a^2}$ ·

exprimons qu'elle est équilibrée par la force centrifuge $\frac{m v^2}{a}$ ·

$$(2) \qquad \frac{m\ v^2}{a} = \frac{Na\ l^2}{a^2}$$

L'énergie cinétique de l'électron est égale à $\frac{m\ v^2}{2} = \frac{Na\ l^2}{2\,a}$; son énergie potentielle est égal à $W\infty\ \frac{Na\ l^2}{a}$,c'est-à-dire à son énergie à l'infini $W\infty$ diminuée du travail que fournit son transport de l'infini à la distance a du noyau.

L'énergie totale W est donc :

$$(3) \qquad W = W\infty - \frac{N a\, l^2}{2\,a}$$

Tirons v de l'équation (1) de Planck et portons dans (2) la valeur trouvée, il vient :

$$(4) \qquad a = \frac{n^2 \quad h^2}{4\ \pi^2\, m\, Na\ l^2}\ ;$$

les rayons des orbites seront donc comme les carrés des entiers successifs.

Portons dans (3) cette valeur de a ; nous aurons :

$$(5) \qquad W = W\infty - \frac{2\,\pi^2\, m\, e^4}{n^2}\ \frac{N\, a^2}{n^2}\ .$$

Cela posé, la théorie suppose que, sur les trajectoires stationnaires, les électrons ne rayonnent pas (c'est en opposition complète avec la théorie électromagnétique classique) ; le rayonne-

ment se produit lorsqu'un électron passe d'une trajectoire stationnaire à une autre ; l'énergie émise est la différence des énergies relatives aux deux trajectoires, soit :

$$W = \frac{2\pi^2 me^4}{h^2} Na^2 \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2}\right);$$

n correspondant à la trajectoire d'arrivée, n' à celle de départ. Bohr eut l'idée d'appliquer encore une fois la théorie des quanta pour trouver la fréquence ν de la raie émise : il pose $\nu = \frac{W}{h}$, c'est-à-dire :

$$\nu = \frac{2\pi^2 me^4}{h^3} Na^2 \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2}\right);$$

$\frac{2\pi^2 me^4}{h^3}$ est une constante que nous représenterons par $\mathcal{R}$ et nous écrirons :

$$(5)\quad \nu = \mathcal{R} Na^2 \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2}\right).$$

Faisons dans cette formule $Na = 1$, $n = 2$, nous trouvons la célèbre série de Balmer de l'hydrogène :

$$v = \mathcal{R} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n'^2}\right)$$

dont on connaît 33 raies ; les fréquences calculées par cette formule concordent avec celles que donnent les expériences avec toute la précision de mesures atteignant $\frac{1}{200.000}$.

Les tubes à vide n'ont permis de déceler que 12 raies de la série de Balmer ; c'est le spectre de certaines étoiles qui a permis l'observation des 33.

La raison en est simple : pour $n' = 12$, le diamètre de l'orbite, proportionnel à n'^2, est d'environ $1,6.\ 10^{-6}$ cm, c'est-à-dire égal à la distance moyenne des molécules d'un gaz à une pression de 7 mm. de mercure ; pour $n' = 33$, le diamètre de l'orbite correspond à la distance des molécules sous une pression de 0 mm,02. Pour avoir un grand nombre de raies, il faut donc une très petite

densité; mais alors, dans un tube à vide, la masse présente serait insuffisante pour donner une émission mesurable, ce que permettent les masses énormes de gaz à très faible pression existant dans les astres.

Faisant dans notre formule $n = 1$ et $n = 3$, nous avons la série ultra-violette de Lyman : $\nu = \mathcal{R}\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n'^2}\right)$ et la série infra-rouge de Paschen $\nu = \mathcal{R}\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n'^2}\right)$.

Pour $Na = 2$, et $n = 3$ et 4 on a les séries de l'hélium :

$$\nu = 4\,\mathcal{R}\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n'^2}\right) \text{ (Fowler)}$$

$$\nu = 4\,\mathcal{R}\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n'^2}\right) \text{ (Pickering)}$$

Faisons maintenant $n = 1$, $n' = 2$, ce qui correspond au passage d'un électron de la seconde à la première orbite, nous trouvons :

$$\nu = \mathcal{R}\,Na^2\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2}\right) = \frac{3}{4}\,\mathcal{R}\,Na^2.$$

Moseley avait donné, pour représenter ses expériences, la formule :

$$\nu = \frac{3}{4}\,\mathcal{R}\,(Na - 1)^2.$$

Cette faible divergence tient à l'action des autres électrons que nous avons négligée dans ce calcul simplifié.

Nous allons terminer en esquissant les phénomènes plus profonds dont le noyau lui-même est le siège : les désintégrations spontanées de l'atome qui constituent la radio-activité.

Les corps radio-actifs, le radium par exemple, se détruisent spontanément en émettant des rayons β qui sont de simples rayons cathodiques, des rayons γ qui sont des rayons X très durs et des rayons positifs que l'on appelle les rayons α.

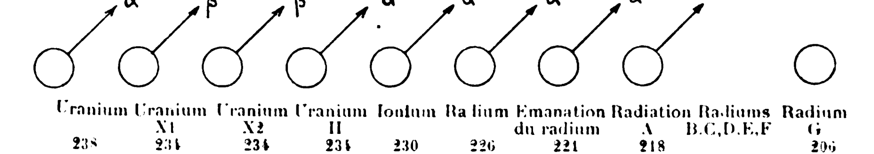
Si l'on recueille ces particules dans un vase après les avoir déchargées, on voit qu'elles constituent l'hélium. L'hélium est

donc un produit de la désintégration du radium, dont l'atome se décompose en hélium et en « émanation du radium » corps également gazeux. Un gramme de radium engendre annuellement 0^{mg}, 4 de cette émanation ; les mesures faites sur elle montrent que son poids atomique est de 222, soit 226 — 4, différence des poids atomiques du radium et de l'hélium.

Nous pouvons aussi bien remonter aux ancêtres du radium et nous avons la généalogie de la famille de l'uranium.

L'uranium dont la masse atomique est 238, émet des particules α, laissant pour résidu l'uranium X_1, de masse 234, qui émet à son tour des rayons β pour donner l'uranium X_2 de même masse ; des émissions ultérieures donnent naissance à l'uranium II, à l'ionium (230), au radium (226), à l'émanation (222), aux radiums A, B, C... jusqu'au radium G dont le poids atomique est 206, les poids successifs étant, soit les mêmes, soit différents de 4, suivant qu'il y a eu production de rayons cathodiques seuls ou de rayons α.

Le schéma suivant indique cette filiation.



Les transformations précédentes sont de durées bien différentes ; si l'on envisage la vie moyenne de l'atome, c'est-à-dire l'inverse de la fraction perdue en un an, le radium qui produit annuellement $\frac{1}{2.400}$ d'émanation a une vie de 2.400 ans, l'uranium de 8 milliards d'années, l'uranium X de 35 jours $\frac{1}{2}$, l'émanation du radium de 5 jours, 55. D'autres ne vivent qu'une imperceptible fraction de seconde.

Arrêtons-nous au radium G de poids 206. Le plomb a pour poids atomique 207. Nous nous demandons donc s'il n'y a pas plusieurs plombs dont l'un serait le radium G de poids 206. Mais considérons une autre famille radioactive, celle du thorium

(232). Elle aboutit, après une suite de désintégration à un thorium E de poids atomique 208.

Le thorium E (208) et le radium G (206) encadrent donc le plomb, dans le tableau des éléments.

Or le plomb existe dans les minerais de radium et de thorium ; les mesures ont montré que le poids atomique du plomb extrait des minerais de thorium est supérieur à celui du plomb habituel ; au contraire un échantillon de plomb provenant d'un minerai d'uranium norvégien a donné 206,08.

Nous avons donc 2 plombs isotopes, le radium G et le thorium E. Le plomb ordinaire résulte d'un mélange de ces deux corps qu s'est produit lors de la formation géologique du globe, mélange dont aucune réaction chimique n'a permis d'isoler les constituants.

Tels sont les faits inattendus qui viennent bouleverser les notions sur lesquelles s'était édifiée la chimie ; ils ruinent la vieille conception de corps simples invariables et irréductibles.

Au cours de cette revue trop brève, nous avons vu du moins combien une incursion dans le vide pouvait être féconde, nous avons acquis des connaissances nouvelles sur la structure de la matière et du rayonnement ; nous avons reconnu l'inertie de l'énergie ; la théorie des quanta nous a précisé l'organisation de l'atome.

Mais il ne faut pas nous illusionner : nous ne savons rien des forces de cohésion qui maintiennent l'électron et qui ne sont pas d'origine électromagnétique ; nos hypothèses des quanta expriment des propriétés encore mystérieuses du champ électrostatique, du champ de cohésion. Ce sera le rôle de la science de demain d'éclairer cette pénombre où nous voyons évoluer les derniers éléments des choses.

LE SERVICE TÉLÉGRAPHIQUE
ET LA POSTE MILITAIRE
DE L'ARMÉE ALLEMANDE PENDANT LA GUERRE

par M. TILLMANN,
Rédacteur breveté des Postes et Télégraphes à Strasbourg.

Le service de la Poste militaire allemande (Feldpostdienst) avait un double but :

1° De satisfaire les besoins mêmes de l'armée par la transmission accélérée et sûre des correspondances officielles qui, au point de vue poids et dimensions, remplissaient les conditions exigées pour le transport par la poste militaire;

2° Dans l'intérêt privé, de satisfaire les besoins des particuliers, en assurant l'expédition des lettres ordinaires, cartes postales, lettres avec valeur déclarée et des mandats-poste dans la direction de l'armée et inversement et en assumant le service des abonnements de journaux adressés aux mobilisés.

Correspondances admises. — Etaient admis à l'expédition par les soins de la poste aux armées :

a) En ce qui concerne le service militaire officiel :

les lettres ordinaires et recommandées;

les cartes postales;

les chargements;

les colis ordinaires et recommandés confectionnés dans les conditions réglementaires;

les mandats-poste jusqu'à 800 marks;

b) En ce qui concerne les affaires privées intéressant les militaires des armées de terre et de mer :

les lettres ordinaires jusqu'à 250 g. (poids qui fut élevé à 500 g. au maximum en cours de guerre);

les cartes postales ordinaires ;

les lettres avec valeur déclarée jusqu'à 1.500 marks et jusqu'à 250 g. ;

les mandats-poste jusqu'à 800 marks quand ils étaient déposés par les militaires, et jusqu'à 100 marks quand ils leur étaient destinés.

Ne pouvait, au contraire, être assurée par la poste militaire l'expédition des envois contre remboursement, des recouvrements, des lettres accompagnées d'une formule de signification effectuée par la poste (Briefe mit Zustellungsurkunde),

Les envois mentionnés à la rubrique *a*) bénéficiaient de la franchise absolue.

En ce qui concerne les envois compris dans la rubrique *b*), la franchise existait :

pour les lettres ordinaires jusqu'à 50 g.,

pour les cartes postales ;

pour les lettres avec valeur déclarée jusqu'à 50 g. pour le poids et 150 mark pour la somme déclarée ;

pour les mandats-poste déposés par les militaires en campagne à destination de l'intérieur du Reich.

Création des bureaux. — A la mobilisation de l'armée furent créés conformément aux règlements existants les bureaux suivants :

Un bureau de poste militaire (ein Feldpostamt) pour le Grand Quartier Général ;

Une expédition de poste militaire (eine Feldpostexpedition) pour chaque Haut-Commandement d'une armée ;

Un bureau de poste militaire (Feldpostamt) pour chaque commandement d'un corps d'armée mobile ;

Une expédition de poste militaire (Feldpostexpedition) pour chaque division d'infanterie, de cavalerie et de réserve.

(En cours de guerre il y avait même un grand nombre de brigades qui étaient pourvues d'une expédition de poste militaire).

Pour maintenir des communications postales sûres entre l'armée en campagne et la patrie, on avait établi sur les routes

militaires en des points favorables, des *stations de poste militaire* (Feldpoststationen). Chaque armée possédait, en outre, pour les besoins uniques du service postal *un dépôt spécial de chevaux, de voitures et d'automobiles* (Post Pferde- und Wagen-Depot) dont le rôle consistait à assurer l'occupation et l'exploitation des stations de poste militaire dépendant de la circonscription de l'armée. Il va sans dire que dans l'Allemagne même tous les bureaux de poste sédentaires et ambulants devaient participer au service de la poste militaire dans les conditions fixées par le Ministère des Postes et Télégraphes. En outre on avait créé après la publication de la mobilisation, les « Postsammelstellen ». C'étaient de grands centres de tri, points de concentration pour toutes les correspondances à destination des armées, et émanant de tous les bureaux de poste des différentes régions du Reich, dont chacune possédait sa « Postsammelstelle ». A Strasbourg, Metz, Trèves, Cologne, Stuttgart, Munich, Francfort par exemple fonctionnaient ces Postsammelstellen.

La correspondance accumulée y était classée et triée par bataillon, batterie, escadron et colonne, ce qui donnait lieu à la confection de plus de 20.000 liasses distinctes. Ces liasses étaient insérées ensuite dans des sacs portant l'adresse : bureau de poste militaire N°... Ces sacs étaient dirigés sur les « Leitpunkte », grands bureaux de poste situés près de la frontière. Chaque « Leitpunkt » constituait le centre d'échange pour les dépêches formées par les 23 Postsammelstellen du Reich, à destination de l'armée dont il dépendait.

Organisation du service et du personnel. — La haute direction de la poste militaire sur le théâtre de la guerre, l'organisation unitaire et la surveillance de toutes les installations postales, étaient conférées à un chef supérieur de la poste militaire « Feld-Oberpostmeister ». Il était attaché au Grand Quartier Général et avec deux Inspecteurs supérieurs, attaché à la suite du Maître du Grand Quartier Général (General-quartier-meister). Tous les Directeurs de poste d'armée « Armee-postdirektoren » et tous les établissements de poste militaire du théâtre de la guerre étaient sous ses ordres.

Dans l'intérieur de la circonscription de chaque armée un Directeur de poste militaire « Armee-Postdirektor » avait la haute main sur le service postal. Ses attributions comportaient non seulement l'établissement des communications postales avec la patrie, mais encore et surtout le maintien de leur stabilité et de leur sécurité le long des routes militaires. Du Directeur de Poste militaire d'armée dépendaient tous les bureaux, expéditions et stations de poste militaire de cette armée. Il possédait l'initiative de créer les stations de poste militaire (Feldpoststationen) le long des routes militaires et il dirigeait sur ces routes à partir du Leitpunkt, jusqu'au chef-lieu de l'étape, le courrier destiné à l'armée. Là, ce courrier était enlevé des trains et transbordé sur des automobiles et voitures à chevaux qui le transportaient directement aux différents établissements postaux de l'armée. Plusieurs Inspecteurs de poste prêtaient au Directeur leur collaboration et recevaient de lui la délégation d'une partie de ses attributions en ce qui concerne la surveillance et l'organisation.

A la tête de chaque bureau de poste militaire se trouvait un « Maître de poste militaire » (Feldpostmeister). Les expéditions et les stations de poste militaire relevaient chacune d'un secrétaire supérieur de poste militaire. On trouvait également dans ces différents bureaux des secrétaires, des facteurs et des postillons (tous appartenaient à l'Administration des Postes civiles) et enfin des soldats du train. Le nombre d'unités du personnel dans chaque bureau dépendait des besoins du service et de l'importance du bureau.

Recrutement du personnel. — En temps de paix chaque unité prévue pour le service de poste militaire en cas de mobilisation était bien choisie parmi le personnel de l'Administration des Postes et Télégraphes et était exactement renseignée au sujet de l'emploi auquel elle devait être affectée.

Le Chef supérieur, les Inspecteurs supérieurs, les Directeurs de poste d'armée, les Inspecteurs et les Maîtres de poste militaire étaient désignés par le Ministre des Postes. Le choix des secrétaires supérieurs, secrétaires, facteurs et postillons incom-

bait aux Directions supérieures des Postes. Un relevé du personnel prévu pour les grades supérieurs dans le service de poste militaire avait été communiqué au préalable à toutes les Directions Supérieures des Postes. Il était du devoir de ces dernières de veiller constamment à ce que les fonctionnaires, agents et employés de leur circonscription désignés pour exercer une fonction dans la poste militaire fussent constamment à même de rejoindre sans délai leur nouveau poste en cas de circonstance imprévue. Les changements pouvant intervenir en ce qui concerne les fonctionnaires prévus pour remplir les grades supérieurs, devaient être immédiatement signalés au bureau du personnel du Ministère des Postes et Télégraphes.

En temps de paix certaines Directions supérieures étaient chargées d'acquérir les équipements nécessaires au personnel de la poste militaire. En cas de mobilisation elles mettaient sur pied et équipaient des formations de poste militaire dont la constitution était réglée d'avance. Ces directions avaient l'obligation très stricte de veiller à ce que la mobilisation des formations diverses de poste militaire fût terminée dans le délai fixé par le commandement du corps d'armée compétent. Leur responsabilité était engagée. Les trois administrations des Postes et Télégraphes allemandes concouraient aux travaux d'équipement d'après les mêmes principes, de sorte que l'Administration des postes bavaroises créait les formations de poste militaire pour les troupes bavaroises, l'Administration wurtembergeoise celles pour les troupes wurtembergeoises et l'Administration des Postes et Télégraphes du Reich celles pour tous les autres corps de troupes allemands.

A cet effet les Directions Supérieures d'équipement tenaient des listes du personnel prévu pour les formations devant être constituées par leurs soins. Elles recevaient régulièrement des autres Directions Supérieures des notes rectificatives pour les cas où il y avait eu des changements dans la situation et l'état du personnel désigné. Les notes faisaient mention, le cas échéant, des autres agents aptes à remplir les emplois vacants. Ainsi les listes pouvaient être constamment rectifiées et tenues à jour d'une manière très minutieuse.

Mobilisation du personnel. — Aussitôt que le ministère de la Guerre avait notifié la mobilisation au ministère des Postes et Télégraphes, celui-ci en informait de son côté toutes celles des directions supérieures dont le rôle était d'équiper les formations de poste militaire.

Le Chef supérieur de poste militaire, les inspecteurs supérieurs, les directeurs de poste militaire d'armée, les inspecteurs et maîtres de poste étaient appelés directement par le ministère des Postes et Télégraphes. L'appel de l'ensemble du personnel postal restant à mobiliser était entièrement effectué par les soins des directions supérieures chargées de l'équipement des formations. L'ordre de mobilisation était adressé individuellement à chaque personne. Le libellé mentionnait d'une manière impérative l'obligation pour l'intéressé de se rendre sur-le-champ à la localité de mobilisation désignée et de s'y présenter au chef du bureau de poste militaire. Ces ordres de mobilisation étaient déjà complètement préparés au préalable et mis sous plis portant les adresses des intéressés. Ils portaient à leur partie supérieure la mention « date du timbre à date », tandis que la signature du directeur supérieur chargé de la transmission de l'ordre de mobilisation était remplacée par l'empreinte du timbre officiel de la direction supérieure. Cette dernière pouvait ainsi, dès qu'elle avait connaissance de la mobilisation, transmettre sans retard à tous ceux qu'ils concernaient, les ordres en question.

Autorité militaire et civile. — Tous les agents de poste militaire devenaient, dès le jour même où ils recevaient leur ordre de mobilisation, des agents militaires et à ce titre étaient soumis au pouvoir disciplinaire de leurs chefs militaires (chef de division, chef de l'état major du corps d'armée, chef du quartier général de l'armée). Des textes fixaient les limites dans lesquelles les autorités militaires visées ci-dessus étaient compétentes en matière disciplinaire. C'est ainsi qu'en matière d'affaires concernant le dépôt, l'acheminement et la distribution des correspondances de la poste militaire, le règlement du service de transport des correspondances ainsi que du service de caisse et de comptabilité,

bref, en matière de technique postale, tous les établissements postaux en campagne étaient sous les ordres du ministère des Postes et Télégraphes dont ils avaient à observer rigoureusement les instructions. Il était réservé au ministère de déléguer, suivant les circonstances, des commissaires pour surveiller sur les lieux mêmes et dans toutes ses attributions, le service de poste militaire. Ces commissaires faisaient autorité dans toutes les questions concernant ce service. Le chef supérieur de poste militaire et les directeurs de poste militaire d'armée possédaient le pouvoir disciplinaire des directeurs supérieurs des Postes et Télégraphes. Les chefs des bureaux, expéditions, stations et dépôts de poste militaire possédaient le pouvoir disciplinaire d'un chef de bureau de poste ou de télégraphe vis-à-vis des subordonnés.

Pour tout le personnel mobilisé appartenant à l'administration des Postes et Télégraphes le temps passé en campagne fut évalué conformément aux prescriptions de la loi du 31 mars 1873 concernant les droits des agents du reich.

Service d'équipement des formations. — Les équipements achetés en temps de paix par les directions supérieures compétentes en cette matière comprenaient :

1° les effets d'habillement et d'armement nécessaires aux facteurs et postillons de poste militaire ;

2° le matériel nécessaire au fonctionnement des bureaux et à l'exploitation ;

3° les chevaux, voitures et automobiles ;

4° les imprimés ;

Chaque direction supérieure d'équipement établissait (pour sa circonscription) dans les limites de sa compétence, un plan de mobilisation et d'équipement. Ce plan permettait de se rendre compte facilement de la façon dont était assuré l'équipement des formations et renfermait les dispositions à appliquer au moment de la mobilisation. Ces indications étaient si complètes et si explicites que tous les travaux pouvaient être effectués par le personnel désigné, dans l'ordre et dans le temps exactement précisés. Les

voitures et les autres véhicules devaient toujours être dans un état permettant leur emploi immédiat dans le service de campagne. L'outillage de bureau et d'exploitation toujours disponible, était conservé dans une caisse portant la suscription extérieure : Station de poste militaire n°... La gestion de tout le matériel était confiée à un agent de la direction supérieure choisi autant que possible parmi le personnel non soumis au service militaire et non désigné pour le service de poste militaire. Cet agent pouvait ainsi, lors de la mobilisation, transmettre lui-même aux formations à équiper, tout le matériel dont il avait la garde. Nous voyons par là qu'en temps de paix déjà il y avait des dépôts permanents d'effets d'habillement et d'armement ainsi que d'outillage d'exploitation et que les directions supérieures d'équipement devaient encore satisfaire le besoin de chevaux de voiture et de selle en passant des marchés à livraison avec des chefs des relais de poste, propriétaires de chevaux, marchands de chevaux, etc...

La conservation, l'entretien et le renouvellement de tous les effets d'équipement étaient assurés par l'administration des Postes et pour son propre compte. Elle conservait ainsi le droit de disposer librement de ces effets, mais il lui incombait de prendre toutes les dispositions nécessaires pour qu'en cas de mobilisation les effets en question fussent transmis en parfaite constitution et aptes à la guerre, aux formations de poste militaire. Pendant toute la durée de mobilisation l'entretien des véhicules et du matériel était à la charge de chaque bureau de poste miltiaire.

Nous voyons en résumé que la poste militaire allemande jouissait d'une grande autonomie et d'une large indépendance vis-à-vis de l'administration militaire, non seulement dans les questions se rapportant aux mesures à prendre en vue de préparer la mobilisation des effectifs postaux, mais aussi et principalement dans l'exécution des mesures relatives à l'exploitation postale en campagne. Une entente parfaite entre la poste aux armées et les autorités militaires était indispensable. L'harmonie ne cessa jamais de régner entre les deux organismes. L'autonomie

dont la poste militaire jouissait, les pouvoirs dont elle disposait, lui permettaient de se rendre compte d'une manière exacte des besoins et d'y subvenir rapidement.

Service télégraphique et téléphonique. — En ce qui concerne le service télégraphique et téléphonique militaire allemand, il ne diffère pas sensiblement de celui d'autres armées. Il est aisé d'exposer en peu de mots les grandes lignes de son organisation. Ce service était une pure institution militaire et ne dépendait en rien de l'administration des Postes et Télégraphes du reich. On y trouvait des formations spéciales dites « bataillons de télégraphe » dont le nom fut changé pendant la guerre en « Sections de télégraphe et de téléphone » (Telegraphen- und Fernsprechabteilungen).

Ces formations existant en temps de paix sous le nom de « Telegraphenbataillone » fournissaient le personnel et le matériel nécessaires pour assurer le service télégraphique et téléphonique dans les différentes formations militaires à partir de l'état-major de la brigade jusqu'au Grand Quartier Général. Elles mettaient aussi sur pied des équipes de construction pourvues de tracteurs automobiles et de voitures à chevaux, pour établir les lignes fixes reliant le Haut-commandement d'une armée au Grand Quartier Général et aux autres hauts-commandements, et 2° aux états-majors et commandements subordonnés.

Les agents et employés de l''administration des Postes et Télégraphes affectés en temps de paix à un service télégraphique ou téléphonique et susceptibles d'être mobilisés, étaient de préférence incorporés dans ces formations techniques où ils remplissaient les fonctions de chefs de détachement ou d'instructeurs techniques.

Dans chaque régiment, bataillon, compagnie, batterie ou colonne il n'y avait qu'un service téléphonique constitué par une installation très simple et très mobile. L'établissement de cette installation et l'exécution du service téléphonique (exploitation) étaient de la compétence des formations susmentionnées. Ce service était assuré par de simples soldats sous les ordres d'un

sous-officier pour la compagnie, batterie ou colonne et sous ceux d'un officier pour le bataillon et le régiment. Le personnel s'étant exercé au besoin, pendant un certain temps, devait posséder des connaissances techniques suffisantes.

A côté du service télégraphique et téléphonique ordinaire et principal devant suffire aux besoins des formations entre elles, existaient, auprès des états-majors, des services spéciaux comme par exemple la T. S. F. et la T. P. S.

LA FERMETURE DES SACS POSTAUX
AVEC DES CACHETS DE PLOMB

Par M. HÉMERY,
Rédacteur principal des Postes et Télégraphes.

La fermeture des sacs à dépêches doit être inviolable, c'est-à-dire constituée de telle sorte que si un sac ne parvient pas au service destinataire — ou transitaire — réglementairement clos, l'agent réceptionnaire s'aperçoive immédiatement par des traces aisément perceptibles, *évidentes, indéniables, que la dépêche a été ouverte. L'auteur décrit les divers systèmes de cachetage au plomb employés en France et à l'étranger et discute leur valeur technique.*

Historique. — L'emploi du cachetage au plomb en France comme système de fermeture des dépêches remonte à 1912. Le dispositif adopté résultait de propositions à une adjudication sur concours.

Les concurrents avaient eu à résoudre les questions suivantes :

a) Les dispositifs de sûreté devaient être constitués par un plomb et de la ficelle et combinés de telle façon qu'après cachetage la ficelle entourant la gorge des sacs ne puisse plus être desserrée.

b) La fermeture des sacs au moyen des dispositifs devait pouvoir se faire sans aucune difficulté et très rapidement.

c) Les plombs devaient être agencés de telle sorte qu'il devait être impossible de les ouvrir ou de les desserrer par un moyen quelconque et de les refermer sans laisser la trace de l'opération. Ils devaient être malléables et de dimensions assez grandes pour recevoir, sur les deux faces, des empreintes lisibles pouvant com-

porter, au moins sur une face, environ dix lettres, chiffres et signes.

d) Les attaches devaient être constituées avec de la ficelle armée ou non armée métalliquement.

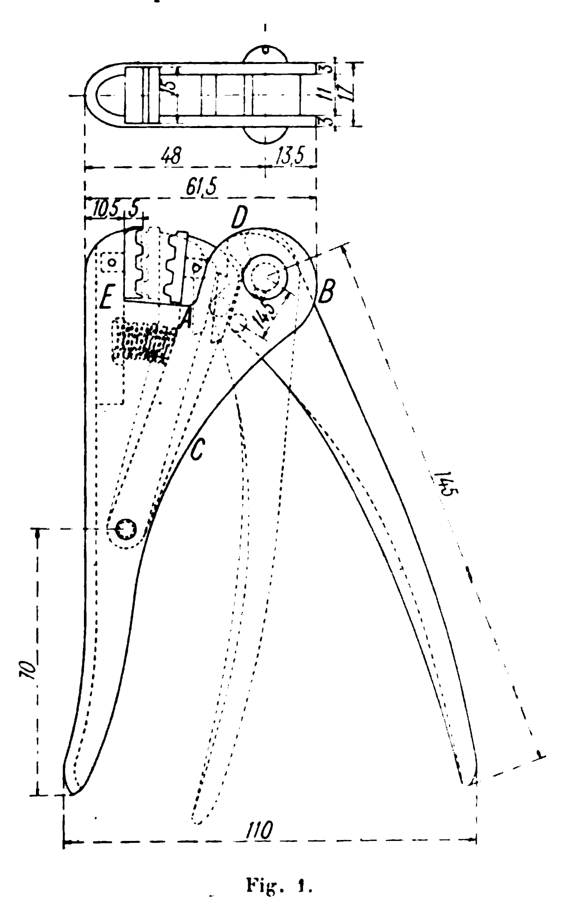


Fig. 1.

e) Les pinces devaient être très légères, très maniables et agencées pour être manœuvrées aisément d'une seule main.

Description du système primitif. — Le système retenu par le Comité Technique (fig. 1) répondait à ces desiderata.

Le scellé en plomb (*du poids de 7 gr.*) était de forme rectangulaire avec pans coupés ; il comportait deux canaux transversaux pour le passage de la ficelle. Le lien était d'ailleurs retenu

l'attache étant adhérente) à l'une de ses extrémités dans l'un de ces canaux, celui de dessous, par un écrasement préalable, et son extrémité libre devait, après avoir entouré la gorge du sac, passer le par le deuxième canal qui croisait le premier, par dessus la masse du plomb.

L'attache *adhérente* était en ficelle armée métalliquement au moyen d'un guipage en fil d'acier de 27/100 de m/m. Les extrémités libres de ces attaches étaient paraffinées pour faciliter le passage dans le canal dont l'orifice permettait tout juste ce passage.

La ficelle armée avait un diamètre de 1 mm. 5 environ, et résistait à une tension de 30 kgs. Il y avait des liens de deux longueurs (0 m. 50 et 0 m. 55). Les scellés avec attaches adhérentes étaient livrés enliassés par cent, bottelés par mille (10 liasses de 100) en boîtes de 5.000. Il y avait donc peu de possibilité de gaspillage.

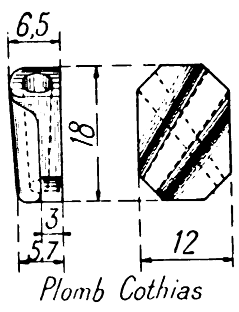


Fig. 2.

La pince, toujours en service, et dont il sera parlé plus loin, est un levier du premier genre (voir croquis 2) dont le grand bras a 14 cm. 5 et le petit 14 mm. 5. Elle pèse 400 grammes. Il faut déployer une force d'environ 25 à 30 kgs pour obtenir un écrasement convenable du plomb avec des empreintes des mâchoires gravées ressortant bien.

Malgré le profond bouleversement qu'il apportait dans les habitudes du personnel, puisqu'il remplaçait un procédé si différent (le cachetage à la cire), le nouveau système fut accueilli avec bonne grâce. Il n'y eut pas de contrainte sérieuse et les critiques,

inévitables, ne furent ni vives, ni acerbes. Les employés étaient d'ailleurs enchantés de la disparition des réchauds à cire avec leurs émanations désagréables — chaleur et odeur.

Seul le maniement de la ficelle armée fit un peu récriminer. Le petit fil d'acier si fin, qui entourait, en spires, la ficelle, occasionnait de l'irritation aux épidermes sensibles.

Mais, ce cachetage au plomb ne donna pas de mécomptes. Les garanties de sécurité qu'il donnait étaient celles qu'on avait exigées. Il était bien combiné pour qu'après cachetage la ficelle entourant la gorge du sac ne puisse plus être desserrée. Le plomb formait masse. Le serrage de la pince écrasait les parois des canaux sur la ficelle armée, cette enveloppe du canal entrait dans le lien métallique et s'agrégeait à la masse du scellé. Si l'on essayait de retirer ensuite la ficelle, de la faire glisser, l'on ne pouvait y parvenir. Il ne faut pas oublier que ce scellé était dense (il pesait 7 gr.). La ficelle armée qui se croisait, avait un diamètre de 1 mm. 5 c'est-à-dire moitié plus que la ficelle employée actuellement. Le cachet était nourri — l'expression si bizarre soit-elle, rend bien le fait — il avait du corps, et le tout, métal et ficelle, formait après scellement une masse compacte inséparable qui présentait des empreintes nettes et lisibles.

Ce système fut employé tel qu'il a été décrit jusqu'en 1917.

Système actuel. — En 1917, le fournisseur qui avait demandé, se basant sur des hausses résultant de l'état de guerre, une augmentation des prix de son marché, et qui n'avait pas obtenu satisfaction, refusa de continuer ses livraisons. L'Administration, parant au plus pressé, acheta les scellés, d'abord rectangulaires et droits, de 7 grammes, et par mesure d'économie ensuite de 6 gr. 5 pour arriver à 6 gr., type actuel avec une extrémité arrondie. Pour les attaches ou liens acquis à part, on adopta un type unique de 0 m. 60 et l'on acheta de la ficelle de chanvre de 1 mm. de diamètre, donnant une résistance dynamométrique minimum de 20 kgs.

En définitive le procédé actuel se présente ainsi :

1° La pince est restée la même.

2° Le scellé rectangulaire est maintenant de 6 gr. ; il a un



bout arrondi dans le sens le plus long. Son volume est supérieur à celui du scellé de 7 gr. ; il est donc beaucoup moins dense. Il n'est pas compact ; il est en quelque sorte évidé (voir figure 3).

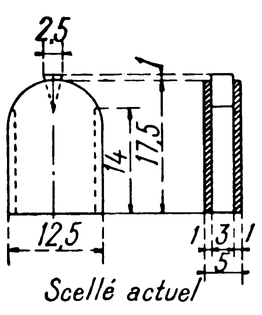


Fig. 3.

3° Les attaches ne sont plus adhérentes. Elles ne sont plus armées. Elles ne se croisent plus dans le scellé. Elles ont un diamètre de 1 mm. Conséquences : *le système n'est plus équilibré.*

D'une part : même pince, c'est-à-dire une pince prévue, calculée, *réglée* pour des scellés de 7 gr. dont la plus grande épaisseur (élévation du 2e canal) était de 6 mm. 5, et d'autre part des scellés de 6 gr. dont l'épaisseur est de 5 mm., des scellés volumineux, mais peu denses et pas compacts car ils sont en quelque sorte évidés (voir figure 3). C'est une enveloppe de métal qui a 1 mm. d'épaisseur et dans laquelle les passages de la ficelle peuvent se faire, et se font, côte à côte. L'on conçoit facilement que le serrage des pinces (et particulièrement de celles livrées avant 1918) ne se fera pas à fond sur des scellés semblables, puisque la course du levier a été calculée pour un tout autre plomb. En tout état de cause, l'effet du serrage est tout simplement de rapprocher les deux parois des surfaces les plus grandes des scellés (il n'y a plus agrégation) en expulsant, il y a lieu de le retenir, l'une ou l'autre des parois des côtés de l'enveloppe, quelquefois les deux, ce qui fait que le cachetage se fait en réalité sur un plomb de 5 gr. tout au plus. On s'explique alors pourquoi la moindre négligence a un effet considérable, presque désastreux, en ce qui concerne la sécurité. Le système ne serait bon que si

le cachetage était fait avec un soin méticuleux, soin que le personnel est loin d'apporter et que les méthodes et l'organisation des services n'entraînent pas précisément. Que le serrage des plombs ne soit qu'esquissé, ou ne soit pas complet et l'on aura des scellés illisibles (90 °/₀, il faut le répéter). Le métal n'entrera pas dans la ficelle extra-lisse et polie que l'on pourra ensuite, étant données ces qualités, faire glisser — surtout si l'on a omis, et c'est fréquent, de faire le nœud de garantie. — Ceci représente une effraction qui ne laissera pas de trace.

Ces défauts sont encore augmentés bien entendu quand, et c'est un cas fréquent (une partie notable des scellés usagés sont ainsi), le scellement se fait le plomb étant présenté entre les mâchoires des pinces dans le sens de sa largeur, ou en biais. — Le cachetage n'offre alors plus aucune sécurité; les lignes de gravure, c'est-à-dire les parties les plus accentuées du serrage, les parties déformantes efficaces, se faisant alors dans un sens parallèle aux passages du lien et non en travers (voir figure 4).

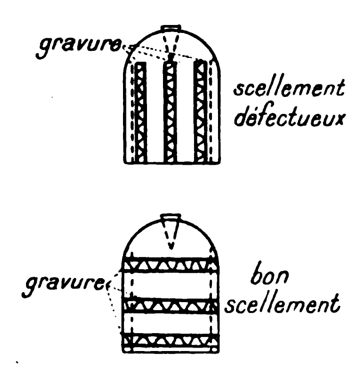


Fig. 4.

Enfin, si les pinces sont abîmées ; si, et c'est ce qu'on doit le plus craindre puisqu'une grande partie des pinces sont en service depuis près de 10 ans, des pinces sont déréglées — ne serait-ce qu'en raison de l'usure des cames sur lesquelles s'effectue le mouvement — le serrage du plomb n'est plus qu'esquissé, n'est plus jamais réellement fait jusqu'à *écrasement*, et les garanties d'*inviolabilité sans laisser de traces*, n'existent plus. On a toute

raison de croire, je le répète, que beaucoup de pinces ne fonctionnent que dans de telles conditions.

Pour conclure, le procédé actuel ne donne les résultats nécessaires que lorqu'il est pratiqué avec une pince fonctionnant bien et avec un soin méticuleux : c'est l'exception.

Par opposition, je crois devoir rappeler, car c'est un point essentiel, que l'effraction par glissement de la ficelle n'était pas possible dans le système primitif. Or, ce genre d'effraction est le seul qui soit à craindre — et c'est malheureusement le plus aisé avec le procédé actuel.

Une autre possibilité d'ouverture qui n'existait pas avec l'attache adhérente, a été constatée avec le lien libre. — Si les agents laissent un certain espace entre le plomb et le nœud qui arrête le lien à la gorge du sac (voir croquis n° 5), on peut, en desserrant ce nœud (avec un poinçon, ou avec tout autre instrument du même genre), obtenir un glissement de la ficelle jusqu'au plomb. donner ainsi du jeu à la gorge du sac et si ce jeu est suffisant on pourra ouvrir la dépêche en tirant peu à peu la bordure du sac. On doit reconnaître que cette opération n'est possible que parce que nos sacs à dépêches sont confectionnés avec une toile de jute légère, peu solide et très souple et que leur gorge est peu renforcée (avec un simple toron) : ce faible volume n'offre qu'un très léger obstacle au passage dans le lien desserré. Ceci, le passage, n'aurait pas été possible avec nos sacs d'avant-guerre, sacs en toile de chanvre bien close, et dont la bordure d'entrée garnie d'un toron recouvert de sangle épaisse présentait un volume si grand que tout glissement subreptice de la gorge était impossible.

Procédés de cachetage étrangers. — Après une étude comme celle-ci des conclusions s'imposent, mais, avant de les donner on va passer rapidement en revue les méthodes de cachetage au plomb employées à l'étranger.

Beaucoup de personnes penseront qu'on pourrait adopter un système ayant fait ses preuves dans un Office étranger, certains de ces offices utilisant le cachetage au plomb depuis de nombreuses années. Ceci a été recherché et a fait l'objet d'une étude sérieuse.

Or, il ressort de l'examen des moyens de fermeture utilisés en Angleterre, en Suisse, en Suède, en Norvège, en Hollande, en Danemark et en Luxembourg que ces procédés sont plus efficaces que le nôtre (actuel), mais il est évident aussi que ces pro-

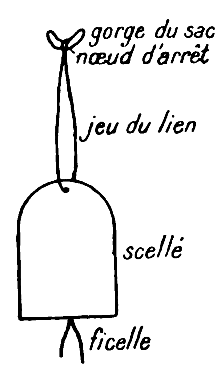


Fig. 5.

cédés sont plus coûteux. On peut affirmer qu'il n'est pas une pince de l'un quelconque des pays cités qui ne coûte au moins le double sinon le quintuple de la pince française. Quant aux scellés, ils pèsent de 7 gr. 5 (anglais) à 8 gr. 5, 9 et 10 gr. et même 14 à 18 gr. selon certains offices. Donc ils reviennent plus cher que nos plombs. (Que l'on songe que le plomb est coté 40 frs. les 100 kgs et que nous utilisons environ 60 millions de scellés par an, soit 360 tonnes de métal.)

Quand on examine ces outillages, on a tout de suite l'impression que la conception du service de la fermeture des dépêches qui a présidé au choix des offices étrangers est évidemment différente de celle qui a entraîné le choix de notre pince et de nos scellés. Les agents des Services étrangers consacrent certainement plus de temps que ceux de nos bureaux (les ambulants principalement) à la fermeture et font cette opération avec une attention et un soin particuliers. L'emploi de leur outillage exige de la méthode, même de la minutie.

Toutes ces pinces, norvégiennes et suédoises, qui sont des pièces de mécanique superbes et bien étudiées, luxembourgeoise (si encombrante qu'elle ne peut être maniée avec une

seule main), suisse, qui est vraiment magnifique, pince allemande, donnent des empreintes d'une lisibilité et d'une beauté remarquables (suisse par exemple). Les scellés obtenus forment un contraste frappant avec les nôtres généralement illisibles.

On remarque, et ceci doit être retenu, car nous reviendrons là-dessus, qu'à part l'office anglais, tous ces Services emploient un plomb rond, avec emboutissement dit « à cuvette ».

Nous ne croyons pas devoir préconiser l'adoption de l'un de ces systèmes, le meilleur par exemple, bien que nous reconnaissions qu'ils sont très supérieurs au nôtre, parce que nous estimons que nous ne pourrions l'appliquer sans que nos méthodes de fermeture soient révisées et aussi sans que l'éducation d'un personnel habitué à des opérations extrêmement rapides soit refaite sur de nouvelles bases.

Cependant, la question de la sécurité du cachetage étant *essentielle* nous proposerions un changement complet de procédé, malgré la dépense apparente qui en résulterait (car en l'espèce les économies sont toujours plus apparentes que réelles), si nous n'avions pas la conviction qu'un ensemble de solutions plus simples pouvait être envisagé.

Conclusions sur les pinces. — Notre outillage a de grandes qualités de souplesse et de légèreté ; il s'adapte parfaitement au tempérament et aux habitudes de nos fermeurs. Notre pince très maniable, est bien conçue, de l'avis même d'ingénieurs spécialistes : son fonctionnement serait meilleur si la fabrication était plus serrée, plus soignée et si l'on utilisait des métaux meilleurs. (Les fabrications de guerre et d'après-guerre ont toutes été critiquées à ce point de vue — particulièrement en ce qui concerne les fontes malléables — et à cela l'Administration ne pouvait rien. Il s'agissait d'un état général qui dépassait toutes les volontés.) La révision de certaines pièces que l'expérience révèle comme plus éprouvées (voir croquis 2, branche femelle, découpage différent de l'enveloppe en E A D et en B A C afin d'éviter l'affaiblissement qui existe en cet endroit, utilisation d'un ressort de renvoi plus fort, moindre évidement de la partie dans laquelle loge ce ressort), soins particuliers dans l'ajuste-

ment des mâchoires, côte à déterminer pour le jeu à donner entre ces mâchoires quand la pince est fermée (de 5 à 7/10 de millimètres.)

Modifications réalisables. — L'on peut recommander de ne pas changer de modèle de pince. Seulement il faut exiger une fabrication irréprochable, faite avec un outillage de grande précision (et non pas comme il a été fait jusqu'à maintenant par de petits constructeurs auxquels la fabrication standardisée, c'est-à-dire en grande série, est inconnue), afin d'obtenir des pièces rigoureusement interchangeables pour que les services d'exécution puissent eux-mêmes procéder au remplacement des quelques pièces toujours les mêmes, qui se détériorent. L'envoi en répation aux ateliers du boulevard Brune devrait devenir l'exception.

Il semblera peut-être bizarre qu'on insiste sur ce point mais c'est qu'en France, on ne s'est pas jusqu'à maintenant préoccupé de créer un outillage parfait pour la fabrication des pinces à sceller, pas plus des nôtres que des pinces pour plombs de pétrole, de charbon, etc... Ceci tient à ce que les besoins sont divers et n'ont pas été encore envisagés sous l'angle de la production en grande série. Il existe un contraste frappant avec ce qui se passe en Allemagne à ce point de vue.

Pour en terminer avec les pinces, leur emploi, leur utilisation dans les bureaux devrait être plus surveillée. Il ne faut pas oublier que l'outil est surtout ce qu'en fait la main de l'ouvrier.

Ces outils sont fort malmenés ; de plus, ils servent à toutes sortes de choses auxquelles ils n'étaient pas destinés. Il n'est pas douteux qu'un grand nombre de pinces sont complètement déréglées et donnent un serrage insuffisant. Ce qui le démontre, c'est le nombre de critiques visant la qualité du métal employé pour la fabrication des plombs, alors que les défauts signalés sont imputables à un écartement trop accentué des mâchoires, écartement provenant de l'usure des cames. De ceci, on ne semble pas se préoccuper car ce n'est que très rarement que l'on renvoie aux ateliers des pinces autrement que complètement hors d'usage, c'est-à-dire avec des pièces brisées ou des organes manquants.

Si l'on veut obtenir un cachetage donnant les garanties que l'on doit exiger, il est indispensable que les pinces soient périodiquement examinées sous le rapport du réglage. Mais, je le répète, il appartient aux agents d'exécution de renvoyer ces instruments quand ils remarquent un relâchement dans leur fonctionnement.

Enfin, pour obvier à toute négligence, il ne serait pas inutile de préconiser la mise en service d'une pince fabriquée de telle façon que le levier de travail ne remonterait que lorsqu'il aurait effectué complètement sa course : de telles pinces peuvent être faites et leur emploi paraît indiqué dans nos services.

Conclusions sur les scellés. — Voici pour les pinces ; pour les scellés, on ne peut que désirer la remise en service du plomb qui fut employé de 1912 à 1917. Mais, si l'on veut éviter toute possibilité de négligence sous le rapport de la présentation du plomb entre les mâchoires des pinces (et l'on a pu constater, je l'ai écrit plus haut, que ce défaut est fréquent) il faut employer le plomb rond avec emboutissement à cuvette et canaux se croisant à l'intérieur, car, ceci doit être rappelé, ce croisement avait été estimé un sérieux progrès par le Comité technique postal en 1911.

Nous bénéficierions ainsi de tous les avantages du plomb et nous éviterions son seul inconvénient. Il ne serait pas nécessaire vraisemblablement de donner à ces scellés un poids supérieur à 7 grs.

Dans le plomb avec emboutissement à cuvette (voir figure n° 6) l'effet du serrage est caractérisé par une déformation particulière du plomb. Dès le commencement de l'opération, qui se fait en deux temps très rapides, les liens se trouvent arrêtés à leur entrée et leur sortie du plomb, et à l'emboutissage ils se trouvent étirés à un tel point par la déformation que le poinçon du grand levier fait subir au scellé, qu'on ne peut plus ensuite les faire sortir. Souvent d'ailleurs une partie des fibres des liens entrant dans ces plombs est brisée par le scellement.

Je dois ajouter que si l'on adopte ce genre de scellé il faudra changer toutes les mâchoires des pinces, ce qui ne serait pas si l'on revenait au scellé rectangulaire type 1912-1917.

On doit encore préconiser l'attache adhérente. D'abord parce qu'elle ne permet pas certaines opérations frauduleuses (possibles par relâchement du lien libre), ensuite parce que la fermeture avec l'attache adhérente est plus rapide, enfin parce qu'ainsi on évitera le gaspillage qui se produit avec le mode actuel. Il n'est pas douteux que l'on perd beaucoup de scellés (j'ai pu constater personnellement au cours d'essais de refonte de plombs usagés qu'il est renvoyé aux fournisseurs un nombre appréciable de plombs qui n'ont pas servi). D'autre part, l'emploi des liens tels qu'ils sont mis en service, permet aussi beaucoup de pertes.

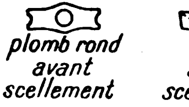


Fig. 6.

Bien entendu, si l'on adoptait l'attache en ficelle armée, le système serait parfait pour ainsi dire au point de vue de la sécurité. Pour diminuer l'irritation que produit la manipulation de cette ficelle on pourrait prévoir un fil d'acier de 10 à 15/100 de mm. seulement et une ficelle de polissage très faible afin que le fil d'acier entre à fond dans le textile et soit moins perceptible au toucher.

Accessoirement, pour augmenter la lisibilité des empreintes on pourrait diminuer le nombre de lettres et de chiffres qui encombrent la gravure des mâchoires et faire graver plus grandes les lettres qui subsisteraient. Au lieu du nom du département on pourrait indiquer son numéro d'ordre, on pourrait aussi simplifier l'indication se rapportant au nom des bureaux. Ceci est à étudier.

Pour en terminer avec la partie « matérielle » du cachetage au plomb, il reste à signaler un point fort intéressant. On a calculé que la récupération des plombs usagés ne représente que 34 à 40 °/₀ en tonnage, du métal utilisé. Il est évident que l'on peut obtenir mieux que cela. Certains offices étrangers déclarent

qu'ils peuvent donner 70 à 75 °/₀ à la refonte. Il n'y a pas de raison pour que nous n'atteignions pas ce coefficient.

Ainsi que je l'ai déjà écrit nous consommons annuellement près de 60 millions de scellés de 6 grs soit 360 tonnes sur lesquelles nous ne faisons rentrer que 140 tonnes environ — représentant, à 1.400 francs la tonne (cours actuel) près de 200.000 francs, plus du 1/4 du coût total du cachetage — (de 900 à à 950.000 francs). Si nous arrivions à doubler la rentrée, l'économie serait appréciable. Elle deviendra encore plus importante relativement si, comme c'est la conviction du rédacteur de cet article, nous sommes amenés à revenir au scellé de 7 gr. et à généraliser, ce qui est logique, le cachetage au plomb.

L'économie à poursuivre, à réaliser, diminuera d'ailleurs sensiblement la dépense que l'on peut estimer plus qu'indispensable, inévitable.

ÉTUDE DU LANGAGE ARTICULÉ

Analyse d'un mémoire de M. HARVEY FLETCHER,
Ingénieur attaché au laboratoire de recherches de l'American Telephone and Telegraph C° and Western C°.

Dans le numéro de juin du « Journal of the Franklin Institute », M. Harvey Fletcher présente le résultat de recherches entreprises depuis plusieurs années, au laboratoire auquel il est attaché, et apporte une importante contribution à l'étude du langage articulé. Nous allons donner un résumé de quelques passages de ce mémoire, et reproduire à peu près intégralement certains développements intéressant spécialement la technique téléphonique.

Les problèmes posés ont été les suivants :

Quelle est l'aptitude de l'oreille à interpréter correctement le son produit par la prononciation de syllabes isolées, suivant la nature des différentes voyelles et consonnes avec lesquelles on a construit la syllabe ? Comment varie cette aptitude lorsque varie l'intensité du son reçu ? Enfin, lorsque la transmission de la voix est accompagnée de distorsion (altération du rapport des intensités des ondes élémentaires de fréquences différentes), quel est le trouble apporté par la distorsion dans le fonctionnement correct de l'organe ? Quelle est l'utilité de chacune de ces fréqunces, au point de vue de l'audition ? Certaines d'entre elles ne sauraient-elles être éliminées sans inconvénients ?

Pour aborder l'étude de ces problèmes, et essayer de classer les résultats d'une manière systématique, il fallait d'abord imaginer une méthode, conduisant à une expression quantitative de l'aptitude de l'oreille à interpréter le son perçu dans des conditions données d'intensité et de distorsion. Il fallait ensuite réaliser un dispositif permettant de produire à volonté telles conditions d'intensité et de distorsion du son que l'on voulait.

C'est à la téléphonométrie et à la téléphonie que les expérimen-

tateurs empruntèrent le principe de la méthode et sa mise en œuvre.

Netteté de la voix. — On sait que, parmi les épreuves auxquelles sont soumis les appareils téléphoniques lors de leur réception, figure un essai de netteté. L'appareil examiné est utilisé pour transmettre une dictée de mots difficiles à articuler et prêtant à confusion lors de leur audition. De la comparaison du texte dicté avec la liste des mots reçus par différents opérateurs, on déduit le pourcentage moyen des erreurs auxquelles a donné lieu l'emploi de l'appareil téléphonique considéré. Ce pourcentage est considéré comme caractérisant la netteté de l'appareil. (Il est bien entendu que le choix des mots dictés doit être fait suivant certaines règles, qu'il n'est pas utile de rappeler ici.)

A dire vrai, le pourcentage moyen des erreurs commises est fonction de deux choses : d'une part, de la qualité de l'appareil, et d'autre part, de la difficulté de compréhension des mots dictés. L'épreuve de téléphonométrie est conduite de telle manière que le second facteur soit à peu près le même pour chaque appareil ; ainsi, le résultat de l'essai constitue bien un terme de comparaison des appareils.

Mais l'expérience peut être dirigée dans le sens inverse, en éliminant le facteur *qualité* de l'appareil. Elle permettra alors de caractériser ce que nous appellerons la « netteté de la voix » (quality of speech), au moyen d'un « coefficient de netteté » (ce que l'auteur du mémoire désigné par *articulation*). Ce coefficient de netteté est défini comme le complément du pourcentage des erreurs d'interprétation des mots dictés. Il est caractéristique du son émis et des conditions de transmission ou de réception (intensité et distorsion des ondes sonores reçues).

M. Fletcher et ses collaborateurs se sont donc proposé de déterminer les coefficients de netteté, pour l'ensemble des voyelles, pour l'ensemble des consonnes, et pour chaque son de lettre (ou groupe de lettres équivalent à une lettre) considéré isolément. En premier lieu, ils firent la classification sommaire des sons ou articulations distincts qui se rencontrent dans la prononciation américaine. Ils reconnurent ainsi 12 sons de voyelles pures (ceux qui se rencontrent dans les mots tool, took, tone, talk, ton, tar, tap, ten, term,

tape, tip, tearm), 5 sons de voyelles combinées (*w*, *y* ou *i*, *h*), et 21 sons de consonnes.

La prononciation de ces sons exige qu'on les ait associés entre eux de manière à constituer des syllabes. Pour l'étude proposée, on forma la liste des monosyllabes comportant : consonne-voyelle, voyelle-consonne, ou consonne-voyelle-consonne. Cette liste comportait 8700 syllabes : toutes les combinaisons possibles y figuraient. Il fallait en effet réaliser une grande variété de sons distincts, pour éviter que l'opérateur ne reconnût les sons de mémoire.

La liste complète fut subdivisée en 174 listes partielles de 50 mots, contenant les mêmes types de syllabes, et où figuraient le même nombre de fois chacun des sons de voyelle ou de consonne. Chacun des mots d'une liste donnée était inscrit sur une fiche particulière. Avant un essai, on battait le jeu des fiches comme un jeu de cartes, afin de laisser au hasard l'ordre dans lequel les mots seraient appelés.

Avec ces listes de mots, on procéda aux mêmes opérations que pour les épreuves normales de téléphonométrie : dictées faites par des opérateurs différents et reçues par des observateurs différents ; comparaison des listes de mots reçus avec celles des mots prononcés. Détermination des erreurs.

Les résultats ont été dépouillés de manière à fournir les éléments de la rédaction de tableaux à double entrée : à chaque son (de lettre) émis, correspond une ligne horizontale ; à chaque son reconnu à la réception, correspond une colonne verticale. Dans les cases du tableau, on indique donc le nombre de fois que, pendant l'essai, le son dicté a été traduit par tel ou tel son.

On dresse de la même manière des tableaux récapitulatifs, sur lesquels figurent les pourcentages.

L'examen de ces tableaux permet donc de déterminer les coefficients de netteté, et aussi de connaître les confusions de lettres les plus fréquentes et les plus faciles.

Dispositif utilisé pour la reproduction fidèle (sans distorsion) des sons de la parole, aux différentes intensités. — Mettant à profit les derniers développements de la technique téléphonique, M. Fletcher et ses collaborateurs ont réalisé un dispositif de transmission qui

Son dicté	N. de fois que le son a été dicté	A la récep. le son dicté a été traduit par				Omissions	Insertion à tort	°/. erreurs
		b	ch	d				
b								
ch								
d								

permette de reproduire la voix sans distorsion, tout en faisant varier le volume de la voix reçue dans les plus larges limites (voy. fig. 1).

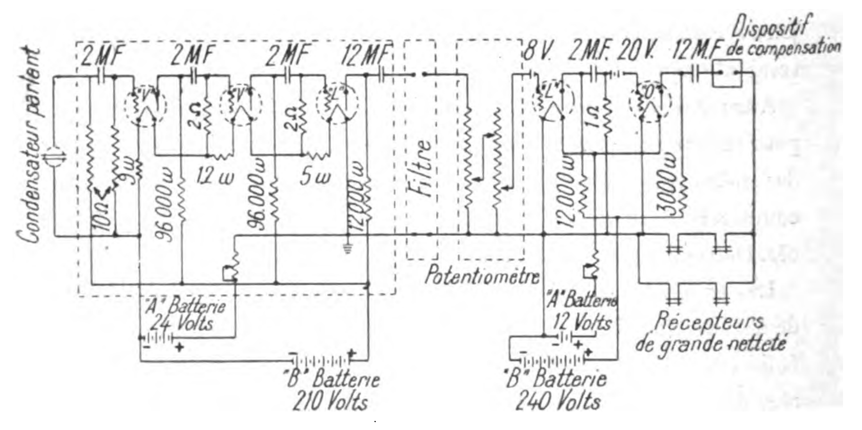


Fig. 1.

Ce dispositif comporte, comme parties essentielles : un condensateur parlant utilisé comme transmetteur ; un amplificateur de courants téléphoniques ; un potentiomètre, permettant de n'utiliser à la réception qu'une fraction donnée du courant mis en jeu ; un dispositif de compensation destiné à annuler les effets de distorsion ; enfin un récepteur de grande netteté.

On sait que le condensateur parlant consiste en un simple condensateur à air dont une des armatures est un diaphragme métallique flexible. Au sujet de sa construction et de ses conditions

d'emploi, l'auteur du mémoire indique comme références : Crandall, *Phys. Rev.*, juin 1918 ; — Weute, *Phys. Rev.*, juillet 1917.]

L'amplification est produite par 5 étages de lampes à 3 électrodes, montées avec un soin particulier de telle manière qu'aucune distorsion ne se produise dans cette partie du dispositif.

Le montage potentiométrique permet de réduire l'intensité des ondes sonores, à la réception, jusqu'à une valeur de l'ordre du millionième de sa valeur lors de l'émission.

Le dispositif de compensation (equalizing net work) est une combinaison de résistances, de condensateurs et de bobines de self, réglée de telle sorte que les affaiblissements qu'ils produisent pour les diverses fréquences soient le complément de ceux que donne le reste du montage.

Le récepteur de grande netteté est un récepteur du type bipolaire, construit spécialement pour présenter une caractéristique de résonance très étalée.

La fidélité avec laquelle ce dispositif de transmission reproduit les sons qu'il véhicule est montrée par le graphique supérieur de la figure 2.

Dans ce graphique, les abscisses représentent les fréquences ; les ordonnées représentent les rapports des intensités des sons parvenant à l'oreille de l'auditeur, aux intensités des sons qui pénètrent dans le transmetteur. On voit que ces rapports diffèrent peu de l'unité.

Le peu d'importance qu'ont les oscillations de la courbe autour de l'ordonnée unité est mis en lumière par la comparaison avec la courbe inférieure de la figure 2.

Il est possible de déterminer, pour chaque fréquence, l'intensité sonore correspondant à la limite de perception auditive d'une personne : cette intensité peut être prise comme mesure de la sensibilité de son oreille. La moyenne d'un grand nombre de sensibilités d'oreilles différentes définit ce que l'on peut appeler la sensibilité de l'oreille normale. La courbe inférieure de la figure 2 représente le rapport de la sensibilité d'une oreille à celui de l'oreille normale. On voit combien importantes sont ses variations en fonction de la fréquence, et ses écarts par rapport à l'unité. D'ailleurs cette

courbe ne représente pas la sensibilité d'une oreille exceptionnelle : dans une figure, qui ne peut malheureusement pas être reproduite, l'auteur du mémoire donne des courbes analogues pour les oreilles de 20 personnes dans les conditions d'audition normale. Les ordonnées extrêmes de ces courbes, pour une même fréquence de 3.000, sont 0,1 et 18. On relève également, pour une même fréquence de 1.500, des ordonnées égales à 0,2 et 65. Pour une même oreille, on relève des ordonnées de 2,5 (500 ∾) et 65 (1500 ∾) ; ou bien, pour une autre 0,5 (2000 ∾) et 7 (4000 ∾).

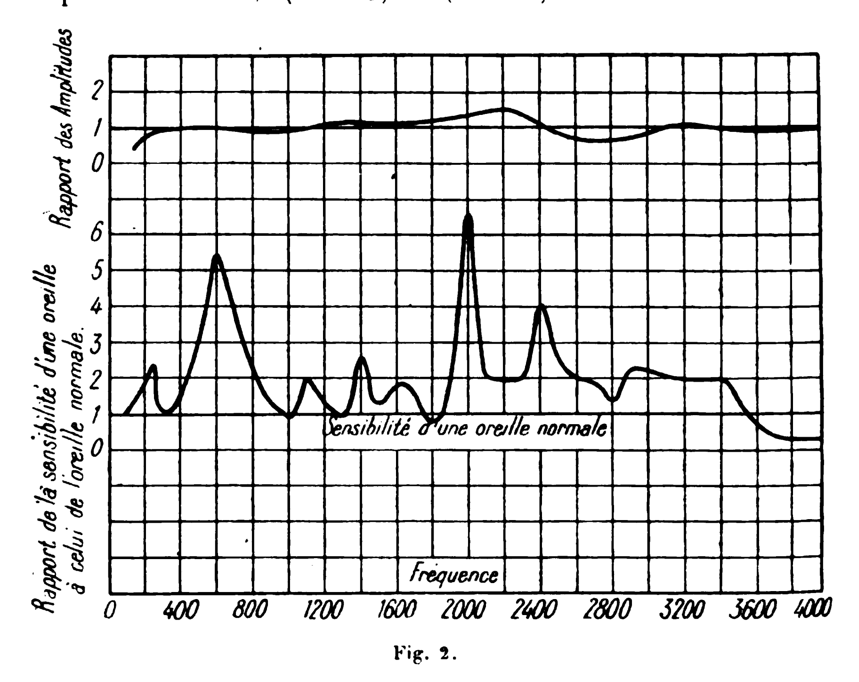


Fig. 2.

Ces quelques chiffres montrent combien chaque oreille a sa caractéristique d'audition, franchement différente de celles des autres personnes. Il en résulte que toutes les épreuves de netteté, tous les essais téléphonométriques, doivent comporter un assez grand nombre d'expériences faites par des observateurs assez nombreux, pour que l'on puisse espérer que la moyenne des résultats obtenus ait une signification. Et malgré tout, ce résultat ne sera qu'une moyenne statistique, dont s'écarteront plus ou moins les résultats que donne chaque cas particulier, considéré en soi.

Par contre, ces chiffres font ressortir la valeur du dispositif de transmission de la parole décrit précédemment : pratiquement, son emploi n'altère pas la netteté de la parole. L'oreille interprète les sons qu'il transmet, aussi bien que ceux qui sont véhiculés par l'air.

Il ne faudrait pourtant point s'étonner qu'une telle qualité de transmission de la parole ne fût pas donnée au téléphone dans la pratique commerciale ; au point de vue de la pure théorie, la chose n'est pas impossible. En fait, la réalisation de tels dispositifs, l'équipement convenable des postes seraient tellement coûteux, que l'usage courant du téléphone ne serait plus possible au public.

Variation de la netteté de la parole, transmise sans distorsion, en fonction du volume de la voix. — Le dispositif de transmission décrit a permis de faire des épreuves de netteté, en faisant varier l'intensité des sons transmis depuis l'intensité correspondant à la limite de perception auditive jusqu'aux plus grandes valeurs. Le résultat de ces épreuves a permis la construction de courbes (fig. 3 et 4).

Comme abscisses, les auteurs ont adopté les logarithmes naturels des rapports de l'amplitude de l'onde sonore transmise à l'amplitude de l'onde sonore émise, prise à 1/2 inch (1 cm. environ) de la bouche de l'opérateur qui transmet. A cette unité, ils ont donné le nom de *napier*, que l'on lit sur les diagrammes que nous reproduisons.

Lorsque le son émis est beaucoup plus fort que le ton normal de la parole, les points représentatifs sont placés de l'autre côté de l'origine.

La figure 3 porte d'ailleurs une double graduation de l'axe des abscisses : au-dessus de la graduation en napiers figure une graduation en intensités relatives.

L'examen de la courbe 3, relative aux conditions d'audition de la parole en général, donne lieu aux remarques suivantes. Le coefficient de netteté devient nul, la voix devient totalement inintelligible, lorsque l'affaiblissement de la voix est de 11 napiers 1/2. Dans ces conditions, les variations de la pression de l'air sur le tympan de l'oreille sont environ de 10^{-3} dyne par centimètre carré.

L'énergie reçue par l'oreille est dix milliards de fois inférieure à l'énergie des ondes sonores à l'émission.

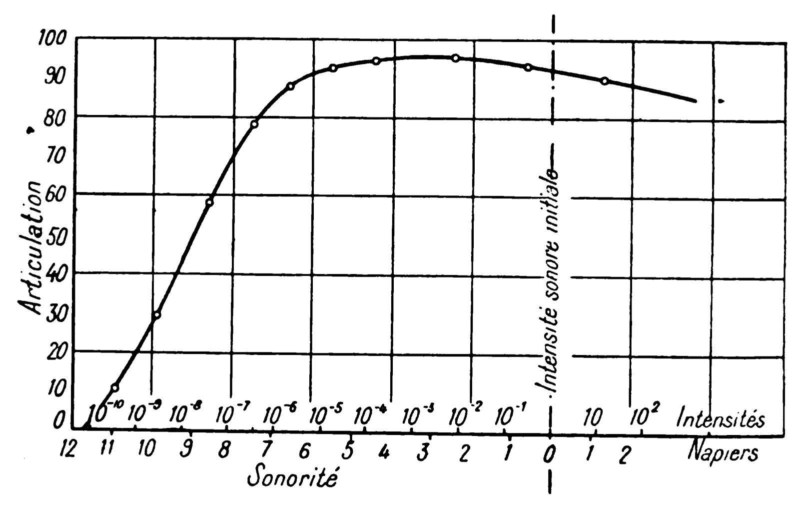


Fig. 3.

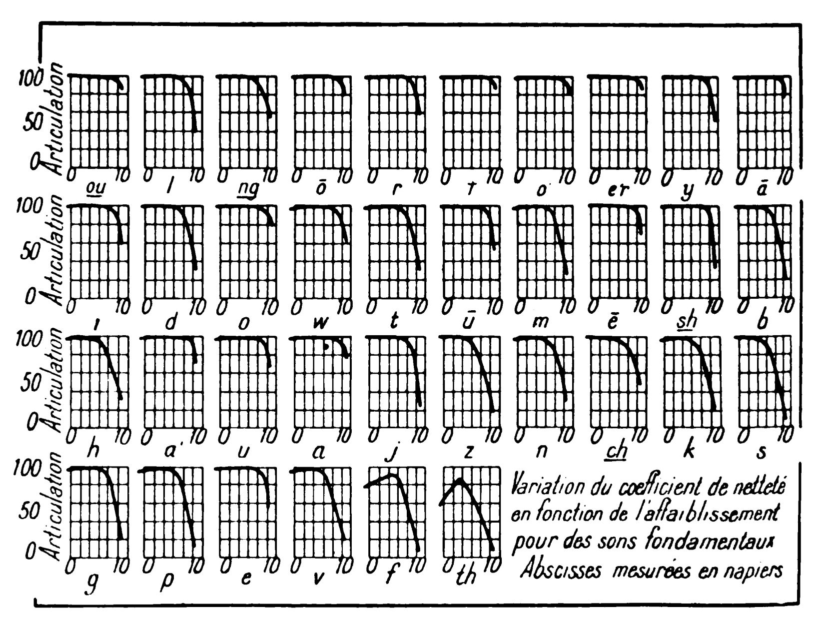


Fig. 4.

L'audition optimum a lieu lorsqu'il y a un affaiblissement de 3

napiers environ. Un son plus intense fatigue les nerfs de l'auditeur, et celui-ci interprète incorrectement les paroles qu'il entend.

Les résultats précédents se rapportent au cas où la disposition convenable du local aménagé en poste de réception met totalement à l'abri des bruits venant de l'extérieur. Si la réception a lieu dans un local où se fait du bruit, l'intensité d'audition optimum croît lorsque l'intensité du bruit devient plus grande.

La figure 4 montre la variation du coefficient de netteté (articulation) de chaque lettre, en fonction de l'affaiblissement. Nous donnons cette figure à titre documentaire, mais nous ne reproduisons pas la discussion qu'en fait M. Fletcher.

Il nous faut, en effet, nous rappeler que ces études ont été faites par des opérateurs américains ; les lettres représentent des sons de la prononciation américaine ; les coefficients de netteté trouvés sont relatifs à des oreilles américaines. Il est infiniment probable qu'une étude similaire, entreprise en France, donnerait des résultats différents, quoiques comparables.

Production de distorsions artificielles. — Le problème posé était de recueillir le train d'ondes sonores allant de la bouche d'un opérateur à l'oreille d'un auditeur, et de modifier ce train d'ondes de façon à éliminer toutes les fréquences d'une région donnée de la gamme sans produire d'altérations d'intensité pour les autres fréuences. Les expérimentateurs ont utilisé, à cet objet, les filtres d'ondes électriques inventés par le Docteur G. A. Campbell. On sait que ce physicien a réalisé des chaînes filtrantes, constituées par des assemblages de bobines de self et de condensateurs, jouissant de la propriété de transmettre, sans diminution appréciable d'intensité, les ondes électriques dont la fréquence est comprise entre certaines limites et de réduire à moins d'un millième de leur valeur initiale les intensités des ondes électriques de fréquence autre.

Ces chaînes filtrantes sont de 2 types.

Le type « Low Pass Filter » (voy. fig. 5) élimine toutes les fréquences supérieures à une fréquence limite. Au contraire, le type « High Pass Filter » élimine toutes les fréquences inférieures à la fréquence limite.

Cette fréquence limite est fonction des valeurs numériques des selfs et des capacités des éléments de la chaîne filtrante. Une étude convenable a permis de réaliser chacune de ces chaînes au moyen d'éléments variables placés dans une boîte, et d'établir un système de commutation tel, que la seule manœuvre d'un cadran établisse le réglage de la chaîne pour la fréquence limite que l'on désire.

La figure 6 donne la caractéristique de fonctionnement d'une chaîne du type Low-Pass. L'axe des ordonnées est gradué en amplitudes relatives, et aussi en affaiblissements.

On voit que, pour les fréquences comprise entre 0 et 1400, l'affaiblissement est inférieur à 1/5. L'altération des intensités est inférieure à 0,2 de leur valeur initiale. Par contre, l'affaiblissement devient, pour toutes les fréquences supérieures à 1500, de l'ordre de 6,5 à

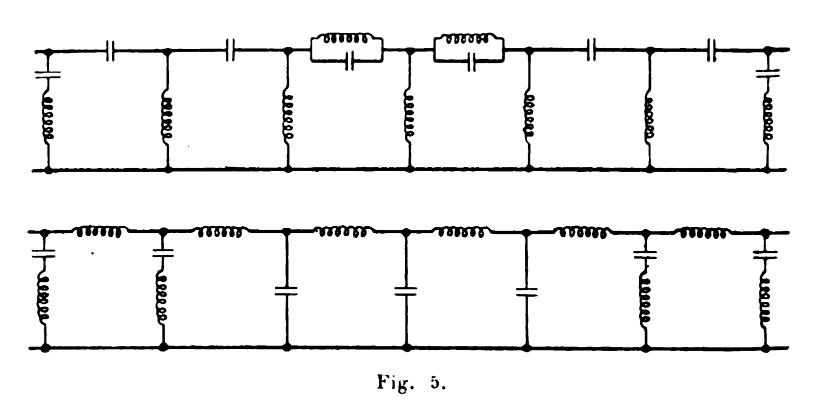


Fig. 5.

7, ce qui correspond à la réception d'intensités égales au millième, environ, des intensités émises.

Le montage des chaînes filtrantes sur le dispositif de transmission déjà décrit est représenté sur la figure 1. Elles sont connectées entre le troisième et le quatrième étage de lampes amplificatrices.

Résultats obtenus lors des épreuves de netteté, avec emploi des chaînes filtrantes. — La figure 7 donne les coefficients de netteté, pour l'ensemble des syllabes, relevés en éliminant toutes les fréquences supérieures ou inférieures à une fréquence donnée.

Les courbes en trait plein ont pour ordonnées les coefficients de netteté.

Les courbes en trait pointillé représentent la fraction de l'énergie à l'émission, qui parvient au récepteur.

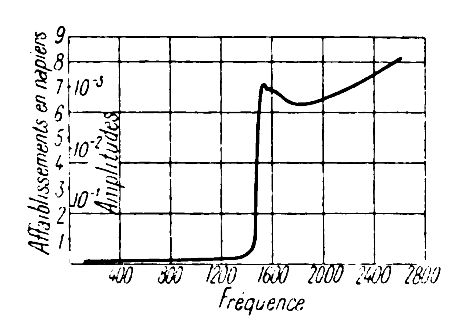


Fig. 6.

Les abscisses sont les fréquences limites de réglage des chaînes filtrantes.

Les courbes affectées de la lettre L (low) sont celles qui sont obtenues lorsqu'on ne transmet que les fréquences inférieures à la fréquence limite. Au contraire, les courbes affectées de la lettre H (high) se rapportent au cas où l'on ne transmet que les fréquences supérieures à la fréquence limite de fonctionnement de la chaine filtrante.

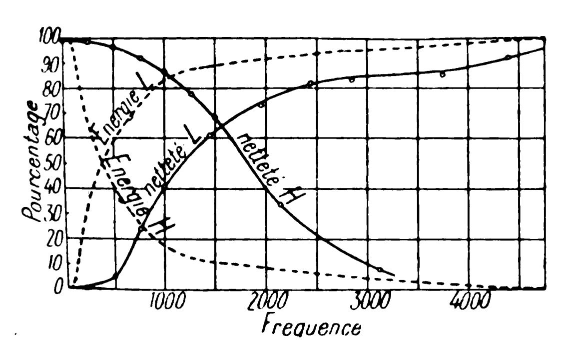


Fig. 7.

Il y a lieu de remarquer que la majeure partie de l'énergie reçue provient des ondes de basse fréquence, c'est-à-dire des sons musicaux fondamentaux de la voix et leurs premiers harmoniques. Pourtant ces ondes n'interviennent presque pas dans l'interprétation de la parole par l'oreille, puisque l'élimination de toutes les

fréquences inférieures à 500 ne diminue que de 2 % le coefficient de netteté, bien que correspondant à une réduction d'énergie de 60 %. Par contre l'élimination de toutes les fréquences supérieures à 1500 n'altère que de 10 % l'énergie, mais produit pourtant une diminution de 35 % du coefficient de netteté.

On voit également que, au point de vue de la netteté, un système qui élimine toutes les fréquences supérieures à 3000 a même qualité que celui qui élimine toutes les fréquences inférieures à 1000. Ces résultats surprendront peut-être : ne sont-ils pas contraires à l'idée que l'on se fait d'ordinaire de l'importance relative des différentes fréquences, au point de vue de l'interprétation de la parole ?

La figure 8 donne les coefficients de netteté de quelques lettres, en fonction de la distorsion. Comme dans la figure précédente, les courbes de gauche sont celles qui se rapportent au cas où l'on élimine les fréquences supérieures à la fréquence portée en abscisse (cut off frequency). Au contraire, les courbes de droite.

Conclusions. — I. L'interprétation correcte des sons de la parole est à peu près certaine, lorsque l'intensité des sons transmis, sans distorsion, varie de 100 fois à un millionième de fois la valeur de l'intensité initiale des sons émis dans les conditions normales.

Pour une oreille normale, la limite de perception auditive correspond à une intensité de l'ordre du dix-milliardième (10^{-10}), de cette intensité initiale.

II. Bien que la majeure partie de l'énergie des ondes sonores de la parole soit transmise par les ondes de fréquence inférieure à 1000, les ondes qui jouent le rôle prépondérant dans l'interprétation de la parole par l'oreille sont celles dont la fréquence est supérieure à 1000 : la reproduction fidèle de la parole n'est assurée que lorsqu'on transmet toutes les fréquences comprises entre 100 et 5000, en respectant à peu près les rapports de leurs intensités.

La dernière conséquence, imposée par M. Fletcher, par ses études, est peut-être caractéristique de la prononciation américaine. Il observe que les sons les plus difficiles à bien interpréter, ceux auxquels sont attribuables 50 % des erreurs d'intelligence des mots, dans la conversation courante, sont les sons *th*, *f* et *v*, qui sont transmis principalement parsle très hautes fréquences. D'un autre

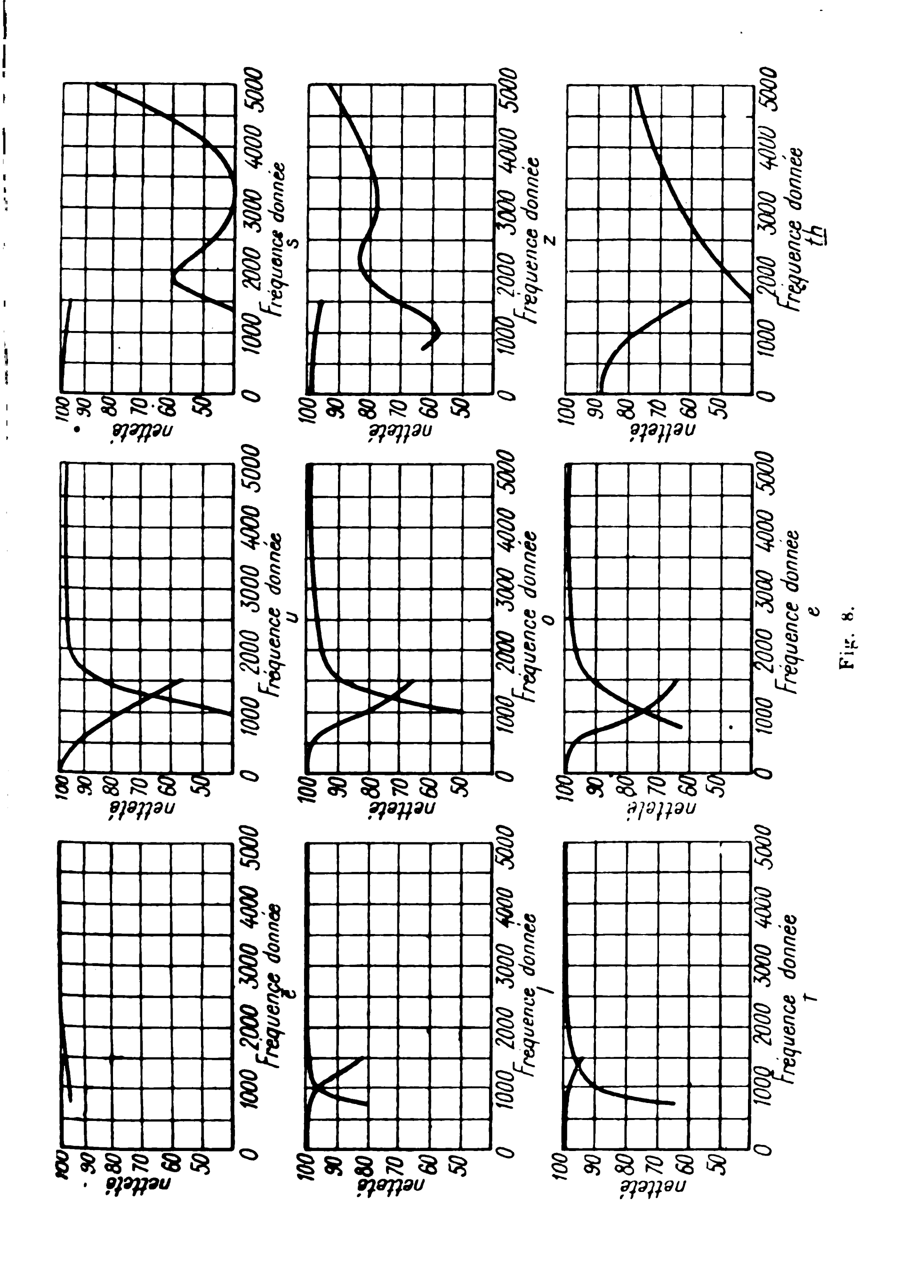

netteté
100
90
80
70
60
50
0
1000
2000
3000
4000
5000
Fréquence donnée
s
z
th
u
o
e
é
l
r

Fig. 8.

côté, les fréquences supérieures à 3000 paraissent intervenir surtout dans la transmission des sons *s*, *z* et *th*.

M. Fletcher termine son mémoire en attirant l'attention sur l'intérêt très général que présentent ces études de la phonation et de l'audition : y sont intéressés les médecins spécialistes, les linguistes, et aussi les orateurs, chanteurs, etc... De ces études peuvent résulter des découvertes, grâce auxquelles sera améliorée la situation des muets et des sourds. Enfin ces recherches intéressent particulièrement les techniciens de la téléphonie : les usagers du téléphone ne seront pas sans bénéficier de ces progrès.

Service d'Études et de Recherches Techniques

DE L'ADMINISTRATION DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

Essais d'appareils téléphoniques d'abonnés en 1922.

Le numéro des *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* de décembre 1921 a publié quelques résultats d'essais de postes d'abonnés. Poursuivant ses travaux, la Section de Téléphonie du laboratoire a procédé aux nombreuses et délicates mesures nécessitées par différents concours : un concours pour le choix d'un type unique d'appareil téléphonique d'abonné pour réseau à batterie centrale ; un concours pour le choix des types d'après lesquels devront être réalisés à l'avenir des tableaux pour abonnés de réseaux à batterie centrale ; un concours de récepteurs de postes d'opératrice ; et mesuré un grand nombre de postes d'abonnés, des organes de bureaux centraux, etc.

La description des essais du concours pour le choix d'un récepteur serre-tête, et le résultat de ce concours ont été donnés dans le n° 3 des *Annales* de 1922.

Le concours pour le choix d'un type unique d'appareil téléphonique d'abonné pour réseau à batterie centrale n'est pas encore terminé. Il a déjà donné lieu à un travail très important du laboratoire pendant l'année mais fera l'objet d'un rapport spécial dans un prochain numéro.

De même il sera parlé ultérieurement des essais et mesures auxquels donne lieu actuellement le concours pour le choix de types de tableaux standards d'abonnés.

En dehors des importants travaux qui viennent d'être mentionnés, 93 types de postes d'abonnés comprenant :

24 postes à intercommunication;

13 combinés sur postes mobiles à B. C. ;

28 combinés sur postes mobiles à B. L. ;
11 combinés sur applique murale à B. C. ;
8 combinés sur applique murale à B. L. ;
5 postes muraux à B. C. ;
3 postes muraux à B. L. ;
1 poste mobile à microphone fixe pour réseau à B. L. ;
ont été soumis aux essais et mesures ordinaires. (Ces chiffres ne comprennent naturellement pas les 149 appareils du concours pour le choix d'un type unique d'appareil pour réseau à batterie centrale.)

Le Service d'Études a examiné en outre :
15 microphones-plastrons d'opératrice ;
4 bobines toroïdales ;
17 capsules de microphone à B. L. ;
1 capsule à B. L. ;
3 annonciateurs ;
1 disjoncteur automatique ;
1 relais téléphonique à lampes à trois électrodes ;
7 microphones séparés à B. C. ;
1 combiné séparé à B. L. ;
Des maquettes représentant :
13 dicordes de départ ;
6 monocordes d'arrivée ;
13 monocordes de groupes intermédiaires ;
6 postes d'opératrice ;
ont été mesurées dans toutes les conditions d'utilisation et leurs équivalents de transmission comparés.

A ces listes de travaux on doit ajouter les mesures fréquentes de comparaison de nos étalons, primaires et secondaires, les essais périodiques pour rechercher parmi un grand nombre de microphones et de récepteurs ceux possédant toutes les qualités d'appareils étalons et pourvoir ainsi aux besoins du laboratoire, de la Section de Vérification, et, le cas échéant, des constructeurs.

Il avait été déjà signalé (n° 3 des *Annales*, septembre 1921) que les constructeurs n'apportaient pas toujours un soin particulier à la mise au point des appareils soumis : le Service d'Études

continue à faire les mêmes remarques ; le montage des postes et des organes n'est pas toujours vérifié et souvent les constructeurs ne paraissent pas connaître dans quelles conditions les appareils sont essayés. En voici quelques exemples :

Dans un combiné à batterie locale, deux fils, un du microphone et un du récepteur, sont intervertis à la réglette de coupure.

Dans un combiné de même type dont l'efficacité était nulle, la vérification a permis de constater que la capsule du microphone était ouverte, la grenaille répandue dans le boîtier. Retourné au constructeur, ce combiné présentait toujours le même défaut lorsqu'il a été de nouveau essayé après renvoi.

La vérification du relais amplificateur pour paire de cordons de lignes interurbaines a donné lieu aux remarques suivantes :

une broche de lampe à demi cassée, contact instable ;

un fil d'entrée du transformateur 17/26 rompu ;

le relais de sonnerie ne fonctionnait pas ;

une vis détachée se trouvait à l'intérieur de l'appareil.

Dans un disjoncteur téléphonique destiné à supprimer les chocs acoustiques on a constaté un mélange entre un fil de l'électro-aimant et la masse. Nous avons dû réparer ce défaut.

Les appareils parviennent quelquefois avec leur socle plombé ou muni de cachets, sans fils de sortie.

Parmi les modèles de récepteurs serre-tête remis en vue du concours de ces appareils, ceux de trois constructeurs n'avaient pas de cordon ; d'autres remis par deux constructeurs étaient munis de fils rigides ; un de ces derniers récepteurs n'a pu subir tous les essais d'efficacité, un fil s'étant rompu à l'intérieur.

En général l'efficacité des postes d'abonnés présentés est supérieure à celle des types réunis les mois précédents. Les résultats montrent que certains constructeurs ont amélioré leur fabrication ; cependant on trouve encore des appareils nettement mauvais, notamment les types combinés.

Parmi ceux-ci on peut relever :

Un combiné X, 18.5 m. c. s. Pire que l'étalon, à la réception ;

un combiné Y, 10.9 Pire à la transmission ;

deux combinés Z :

le 1[er] 10.1 Pire à la transmission, 13.3 Pire à la réception ;

le 2[e] 10.5 Pire à la transmission, 16.1 Pire à la réception.

Deux combinés (C[ie] X), 12.1 et 10.1 Pire à la réception.

Un combiné (C[ie] Y), 18.6 et 16.8 Pire à la réception.

Un combiné (Société Z), 21.8 m. c. s. Pire à la réception.

Désireux de soumettre leurs appareils à des essais d'efficacité avant de les présenter à l'Administration, ou de contrôler les résultats du laboratoire de téléphonie, certains constructeurs ont adressé divers types de postes complets au Service d'Etudes pour y être étalonnés.

Le choix d'un appareil étalon est très délicat. Une bonne efficacité ne suffit pas, il faut que cette valeur soit constante. Des essais réguliers alternant avec des périodes d'utilisation (essais de durée) permettent seuls de déterminer cette constance par l'établissement de courbes donnant les variations d'efficacité pour tous les types examinés.

Un combiné, eût-il les qualités d'efficacité et de constance désirées, ce qui du reste est peu probable, ne peut servir d'étalon à cause des variations inévitables dans l'efficacité dues aux variations de distance de la bouche au microphone, distance qui dépend de la conformité du visage des opérateurs.

Les meilleurs résultats, dans le choix de microphones étalons, ont été obtenus avec des microphones du type Solid-Back. Les laboratoires de téléphonie, en France et à l'étranger, ont adopté ce type qui donne complète satisfaction.

Pour faciliter les essais, ce microphone est monté sur un pied mobile. Le poste étalon est un poste mobile à microphone fixe. Les constructeurs qui désirent réaliser une installation pour la mesure de l'efficacité devront utiliser, de préférence, ces types de postes dont l'expérience fait ressortir les avantages.

Des études sur un grand nombre d'organes téléphoniques divers ont été entreprises par le laboratoire, notamment :

Des essais sur une bobine d'induction en vue de déterminer la meilleure position du point commun ;

des mesures de comparaison entre différents types de postes

d'opératrices, avec ou sans dispositif anti-local;

des essais d'organes provenant du matériel de l'armée américaine ;

des mesures d'affaiblissement et d'induction mutuelle d'annonciateurs de fin de conversation ;

des mesures d'efficacité de récepteurs d'opératrices prélevés dans plusieurs centraux téléphoniques de Paris. Ils ont donné les résultats suivants :

récepteur	n° 1	10.8	miles de cable Standard Pire que l'étalon absolu.
	n° 2	25.	
	n° 3	8.2	
	n° 4	3.8	
	n° 5	6.8	

Et un grand nombre d'essais mécaniques et électriques sur des sonneries, des relais, des fiches, etc.

COMITÉ TECHNIQUE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES

Additions à l'instruction sur les Essais et Mesures électriques des lignes télégraphiques et téléphoniques.

L'Instruction sur les Essais et Mesures électriques des lignes télégraphiques et téléphoniques contient la description des méthodes d'essais ou de mesures que l'Administration a jugées les plus faciles ou les plus commodes à employer. Il existe beaucoup d'autres méthodes que l'on n'a pas indiquées pour diverses raisons, soit qu'elles exigent l'emploi d'appareils dont l'Administration ne voulait pas doter les postes de mesures, soit que leur mise en œuvre ait besoin d'être entourée de trop de précautions expérimentales, etc...

Cependant, la pratique des mesures a révélé qu'il y a beaucoup d'agents expérimentés qui désireraient eux-mêmes avoir un plus large choix dans les méthodes qu'il leur est loisible d'employer et qui seraient capables d'en tirer parti. D'un autre côté, l'Administration multiplie ses efforts pour assurer à son personnel une connaissance plus approfondie des principes scientifiques sur lesquels sont fondées toutes les méthodes de mesures. Le Comité technique s'est déjà occupé d'introduire quelques additions dans l'Instruction sur les Essais et Mesures (voir *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, 1920, page 543. *Bulletin des Postes et Télégraphes*, n° 10, année 1922) et il vient maintenant d'émettre l'avis de faire des additions beaucoup plus larges dont la liste est donnée ci-après. Ces additions ont été préparées après avoir recueilli des renseignements dans plusieurs postes de mesures et l'on doit signaler que M. Knoll, commis chargé des mesures à Clermont-Ferrand, a envoyé au Comité un travail très important sur la matière.

L'instruction sur les essais et mesures se composera donc à l'avenir du texte actuel augmenté d'une annexe comprenant :

1° Une méthode pour la mesure de la résistance totale d'une batterie, sur les installations actuelles, sans avoir besoin de décomposer cette mesure élément par élément.

2° Quelques explications détaillées sur la sensibilité du pont de Wheatstone, sur le meilleur choix à faire pour les bras de proportion, etc.

3° Une méthode pour mesurer la terre propre d'un poste au moyen de deux prises de terre auxiliaires.

4° Plusieurs méthodes complémentaires pour effectuer l'opération fondamentale de la localisation d'une perte (boucle de Varley, méthode du voltmètre, équation de Blavier pour une ligne que l'on ne peut pas boucler avec un fil auxiliaire).

5° Plusieurs méthodes complémentaires pour effectuer l'opération fondamentale de la localisation d'un mélange (méthode des trois fils ; équations de Blavier pour le cas où il est impossible d'isoler l'un des fils et de mettre l'autre en même temps à la terre).

6° Une méthode pour localiser un mélange avec une source de courant continu.

7° Une méthode pour localiser les ruptures de fil.

Protection contre les chocs acoustiques dus aux lignes à haute tension.

Parmi les accidents dus à l'électricité, le choc acoustique est certainement l'un des moins connus et aussi l'un des moins fréquents. On désigne sous ce nom un ébranlement violent de l'oreille de l'opératrice produit par des vibrations intenses de la membrane du récepteur qui peut avoir pour conséquence une sensation désagréable. Le choc acoustique est dû à un courant alternatif, ayant lui-même pour origine, soit un coup de foudre, soit l'induction de lignes à très haute tension voisines des lignes téléphoniques.

M. Boyé, ingénieur des Postes et Télégraphes à Toulouse, a présenté un appareil destiné à protéger les téléphonistes contre ce genre d'accidents.

Le système consiste à réduire le choc acoustique par la mise en série avec le récepteur d'un électro-aimant qui ouvre le circuit dès la première alternance du courant alternatif. La téléphoniste entend un seul ébranlement au lieu d'un roulement prolongé produit par plusieurs alternances. Les effets du choc sont ainsi notablement diminués. L'électro-aimant employé est polarisé de manière à être extrêmement sensible. Deux électros, aimantés en sens inverse sont associés dans un même disjoncteur de manière que le circuit soit ouvert dès la première demi-alternance du courant alternatif.

A la suite d'essais en laboratoire et en service courant, le Comité technique a émis un avis favorable à l'emploi de ce genre d'appareil.

Ateliers de force motrice du réseau pneumatique télégraphique de Paris.

Les tubes pneumatiques qui servent à transporter les télégrammes dans l'agglomération de Paris sont alimentés en air comprimé par sept ateliers de force motrice appartenant à l'Administration des Postes et Télégraphes. Dans chacun de ces ateliers l'air comprimé est fabriqué par des machines à vapeur.

Le Comité Technique a examiné les points suivants :

1° Si au lieu d'entraîner les compresseurs d'air par des machines à vapeur on voulait les entraîner par des moteurs électriques, l'on pourrait, peut-être, diminuer un peu le personnel des ateliers, mais l'économie globale de la transformation serait probablement désavantageuse parce que la différence des prix de revient des chevaux-vapeur ou des kilowatts en jeu dans les deux hypothèses serait loin de compenser l'amortissement du matériel à acheter et les frais d'installation. Le rendement des moteurs électriques pour actionner des compresseurs d'air à

vitesse lente serait mauvais. Dans les quartiers de Paris où la Compagnie parisienne de distribution d'électricité fournit du courant monophasé il pourrait être difficile d'installer des moteurs électriques d'une centaine de chevaux. Enfin, l'installation actuelle des machines à vapeur donne des garanties beaucoup plus efficaces contre les pannes que n'en donnerait l'achat de la puissance motrice électrique à la Compagnie parisienne.

2° Au lieu d'avoir des ateliers à vapeur pour actionner des compresseurs à air, l'on pourrait acheter directement de l'air comprimé à la Compagnie Popp qui possède à Paris un réseau de distribution d'air comprimé dans toute la ville. Cette hypothèse a été prise en considération par le Comité Technique comme méritant de faire l'objet d'une étude complète, c'est-à-dire une étude qui devrait porter non seulement sur la fourniture de l'air, mais encore sur la réfection ou le remaniement de tout le réseau des tubes pneumatiques afin de pouvoir profiter des possibilités nouvelles qu'ouvrirait à l'exploitation la fourniture de l'air comprimé par des stations qui ne seraient pas forcément les mêmes que dans l'état actuel.

* * *

En résumé, le Comité Technique est d'avis que les ateliers de force motrice du réseau pneumatique des services télégraphiques de Paris doivent être de préférence actionnés à la vapeur plutôt que par l'électricité, mais qu'il y a lieu d'étudier le plus tôt possible le remaniement complet du reseau pneumatique, sans conserver forcément les mêmes points comme centres de distribution de l'air comprimé, ni les mêmes types de têtes de tubes ou de boites d'arrivée, ni les mêmes trajets pour les tubes, ni les mêmes stations d'échange et notamment en diminuant le nombre de celles-ci entre tubes joignant les quartiers opposés de Paris ou de sa banlieue, et de faire usage d'air comprimé acheté à la compagnie qui assure cette distribution à Paris.

REVUE DES PÉRIODIQUES

Périodiques en langue française, par M. Taffin, Directeur des Postes et Télégraphes. — Périodiques en langues étrangères, par MM. Cauchie, Inspecteur des Postes et Télégraphes, et Lavoignat, contrôleur des Postes et Télégraphes.

PÉRIODIQUES EN LANGUE FRANÇAISE

Le téléphone automatique, par M. C. Cornet, Ingénieur des Télégraphes (*La Technique moderne :* octobre, 1er et 15 novembre, 1er décembre 1922). — La plupart des publications sur la téléphonie automatique traitent d'un système particulier et en exposent le fonctionnement en entrant dans le détail électrique et mécanique des opérations d'une mise en communication de deux abonnés. Il en résulte souvent une description assez confuse de mécanismes et de schémas ingénieux, mais fort complexes. Le lecteur n'en peut tirer d'ordinaire aucune idée générale sur les divers problèmes essentiels qui se sont posés aux inventeurs, aux constructeurs et aux exploitants.

Dans le mémoire que publie la *Technique Moderne* ce sont les solutions de principe que l'on expose tout d'abord, sans se préoccuper des dispositifs mécaniques et électriques utilisés.

Une rapide esquisse du système manuel de mise en relation entre abonnés d'une même ville, dans les petits réseaux ou dans ceux de moyenne ou de grande importance, fait ressortir tout d'abord quelques points intéressants concernant le rôle d'une opératrice :

1° On demande à l'opératrice de recueillir de la bouche du demandeur un numéro d'un certain nombre de chiffres selon l'importance du réseau, le numéro du demandé, 4632 par exemple, et au besoin le nom du bureau de ce demandé, soit Ségur. Le nom du bureau peut être lui-même considéré comme l'équivalent d'un numéro d'ordre de bureau, le numéro 7 par exemple : de sorte que le demandé

aura pour numéro 74.632. Il s'agit pour l'opératrice de départ d'enregistrer d'abord ce numéro. Cet enregistrement, elle le fait dans sa mémoire. Mais il ne doit pas y avoir une difficulté bien grande à imaginer un mécanisme qui effectue automatiquement cet enregistrement du numéro désiré par le demandeur, sous l'action de manœuvres simples opérées par celui-ci ;

2° On demande ensuite à l'opératrice de rechercher dans un tableau de jacks, c'est-à-dire de contacts numérotés, l'emplacement qui correspond au numéro précédemment enregistré. Cette opération de pure numérotation, l'une des plus simples que l'on puisse demander à une intelligence humaine, doit aussi pouvoir s'effectuer par des mécanismes relativement simples ;

3° On demande enfin à l'opératrice d'interpréter d'une manière convenable des signaux lumineux ou acoustiques, c'est-à-dire en dernière analyse de ne pas utiliser un organe marqué occupé et de libérer les organes qui sont signalés comme redevenus disponibles. Ce qui semble le plus difficile c'est de réaliser cette signalisation multiple ; mais une fois qu'elle est assurée, comme on y est arrivé en manuel avec la *batterie centrale*, on sent bien qu'il faut à peine un pas de plus pour la traduire électriquement et mécaniquement par un verrouillage ou un relâchement de l'organe marqué occupé ou libéré.

Pourtant on n'en est arrivé que petit à petit à oser la solution de l'automatique intégral.

Dans la solution semi-automatique, c'est la deuxième manœuvre de l'opératrice, apparemment la plus complexe, que l'on a rendue automatique : la recherche du demandé. Mais c'est toujours une opératrice humaine qui enregistre le numéro énoncé verbalement par le demandeur. Toutefois au lieu d'enregistrer simplement le numéro dans sa mémoire, elle l'inscrit aussitôt au moyen d'un clavier; et cet enregistrement convenablement traduit par un mécanisme permet à des organes automatiques d'effectuer la recherche du demandé et son appel sans que la téléphoniste ait désormais à intervenir. (Semi-automatique de Marseille et d'Angers.)

Dans la solution des distributeurs de trafic (Bureau parisien de Fleurus) on se propose un but encore plus modeste : diminuer la



tâche des opératrices de départ et accélérer la réponse du bureau aux appels demandeurs. Un abonné ne sera plus desservi toujours par la même téléphoniste ; ses appels pourront aboutir indifféremment à l'une quelconque des opératrices A du bureau. Des organes automatiques aiguilleront l'appel sur la première opératrice libre; et de plus celle-ci n'aura aucune manœuvre de fiche ou d'écoute à effectuer pour recevoir cet appel. Dès qu'elle aura fini de traiter un appel, s'il s'en trouve un autre en instance, le demandeur en attente se trouvera automatiquement relié à l'opératrice libre.

Rien n'empêche, tout en maintenant l'opératrice, de multiplier les dispositifs automatiques dans le bureau. C'est ainsi qu'à Marseille il existe à la fois une distribution automatique du trafic entre les opératrices et une recherche, une sélection automatique du demandé une fois que l'opératrice a manipulé sur son clavier le numéro désiré. Certaines opérations peuvent aussi être rendues automatiques telles que : verrouillages et relâchements pour certaines catégories d'organes, appel du demandé, signalisation au demandeur en cas d'occupation ou de non réponse du demandé, etc.

C'est pourquoi l'auteur se montre surpris qu'étant allés souvent si loin dans la voie de l'automatique, certains éprouvent encore de la timidité à adopter résolument l'automatique intégral.

La suppression des opératrices est désirable à toutes sortes de points de vue. On peut citer :

L'augmentation énorme du prix de la main-d'œuvre « téléphoniste » résultat du renchérissement général du coût de la vie, mais aussi de l'ouverture de nombreux débouchés nouveaux à l'activité féminine ;

Les dépenses croissantes pour assurer aux téléphonistes plus de confort et de délassement, afin de lutter contre la monotonie de leur travail et l'énervement qu'il provoque ; d'où la nécessité de salons de repos, vastes et bien aménagés, qui viennent augmenter dans de notables proportions les prix des bâtiments ;

Le nombre des erreurs commises dans l'établissement des communications, et les retards apportés à la mise en connexion comme à la déconnexion des organes libérés.

Différents tableaux donnent des résultats de statistiques qui prouvent :

1° Que le nombre de faux numéros obtenus en automatique ne s'élève qu'à environ 1,3 °/₀ alors qu'il est au moins de 1,9 °/₀ en manuel pour le trafic local et va jusqu'à 5,55 °/₀ dans les bureaux manuels qui comportent un trafic de jonction important à destination des autres bureaux de la même ville ;

2° Qu'en moyenne pour un trafic de jonction important le demandé est sonné au bout de 10 secondes en automatique et de 26 secondes en manuel ; et que 98 °/₀ des communications sont assurées jusqu'à cette phase en 30 secondes dans le premier cas au lieu de 68 secondes dans l'autre ;

3° Que le fait pour un abonné d'automatique de libérer instantanément sa ligne dès qu'il raccroche son appareil, contrairement à ce qui se passe en manuel où il est obligé d'attendre que l'opératrice soit intervenue, se traduit par une diminution de 10 °/₀ de la durée moyenne d'occupation des lignes d'abonnés.

A ces considérations préliminaires succède une description en quelque sorte impersonnelle des principaux organes des installations automatiques, au point de vue de leur but et de leurs qualités, mais sans aucune explication mécanique ou électrique. On donne en même temps la définition des présélecteurs simples ou doubles et des opérations de sélection numérique et de sélection libre.

De cette description résulte l'énoncé des diverses étapes nécessaires d'une mise en communication et par conséquent des diverses opérations de connexion qui interviennent en automatique : *sélection numérique*, *sélection libre*, *commande séquentielle*, *test*, *verrouillage*, *mise en connection effective*, *signalisation*, *relâchement*.

L'auteur expose alors en quoi les deux grands systèmes actuels réellement originaux (Strowger d'une part sous ses diverses formes et Western ou ses dérivés) se distinguent entre eux par l'importance des champs de contacts des sélecteurs et par l'application du principe des impulsions en avant dans les premiers, et du principe des impulsions en arrière dans les autres.

L'influence de la loi des grands nombres sur le rendement des organes en automatique a sa répercussion économique sur le choix

de l'étendue des champs de contacts des sélecteurs. Il y a intérêt à les accroître, mais seulement jusqu'à un certain point fixé par le mode de fabrication des appareils.

Cette extension des champs de contacts, si elle diminue le nombre des organes automatiques, amène une complication des mécanismes par l'introduction des *enregistreurs-traducteurs*. Car les *numéros de sélection* des abonnés ne sont plus à base décimale quand on utilise des sélecteurs possédant des phases de sélection numérique supérieures à dix pas. Mais alors de deux choses l'une :

ou bien les numéros d'abonnés inscrits dans les annuaires, les *numéros d'appel*, ne seront plus à base décimale et les disques numéroteurs auront plus de 10 trous ;

ou bien il faut au bureau central prévoir un dispositif traducteur pour transformer convenablement les trains d'impulsions émis par le numéroteur d'abonné dans la base décimale.

La première solution qui entraînerait la numérotation littérale et non plus chiffrée des annuaires, serait originale et digne d'être étudiée et peut-être tentée. Jusqu'ici on a préféré conserver les numéros chiffrés et introduire la complication de l'enregistreur dans les sytèmes à grands champs de contacts.

D'autre part le principe des impulsions en avant conduit à la construction d'organes très rapides, donc très légers et à champs de contacts restreints ; le principe des impulsions en arrière permet au contraire l'emploi de sélecteurs plus lents, plus lourds et à champs de contacts plus étendus.

La description mécanique et électrique des systèmes Strowger et Western (types *Rotary* et *Panel*) est faite de manière à faire ressortir le but de chaque organe et la succession des principales opérations de connexion énumérées précédemment, en donnant à l'appui l'une des multiples solutions possibles.

L'usage des *schémas à domaines* facilite beaucoup la lecture des communications électriques.

L'article donne une solution du problème de mécanique arithmétique posé par la traduction des numéros d'appel en numéros de sélection dans des bases différentes de numération.

Enfin avant de conclure l'auteur expose comment il est possible,

en imbriquant convenablement les multiplages des sélecteurs d'une même équipe, d'uniformiser leur usure et d'améliorer beaucoup leurs rendements individuels ; autrement dit d'atteindre avec des organes à champs de contacts restreints des champs de sélection considérables. Ces méthodes se réduisent à trois, et il y a tout un art à les combiner de la manière la plus opportune : le *chevauchement* du multiplage, la *gradation* du multiplage, le *décalage de sectionnement* du multiplage.

La conséquence de ceci est que la construction de sélecteurs à vastes bancs de contacts constitue sans doute une face intéressante du problème à résoudre ; mais qu'elle n'est pas la seule, et que l'on peut se proposer de rechercher les meilleures méthodes pour enchevêtrer au maximum et de la façon la plus équilibrée les jonctions entre présélecteurs et sélecteurs des divers étages successifs, afin de rendre ces organes accessibles aussi uniformément que possible à tous les abonnés du réseau, ou du moins à un très grand nombre, aussi bien du côté « demandeurs » que du côté « demandés ».

Toute la question est de savoir, compte tenu des dépenses de câblage et de construction mécanique, s'il est préférable d'employer des sélecteurs à bancs de contacts très étendus et par suite onéreux, ou d'utiliser de petits organes individuellement peu coûteux, mais qui, coopérant en plus grand nombre et convenablement enchevêtrés, augmentent les dépenses de câblage.

C'est aux propositions des constructeurs, pour un trafic écoulé dans des conditions également favorables, que l'on pourra juger des systèmes les plus économiques.

Recherches récentes sur les courants telluriques (*La Nature :* novembre 1922). — Ces recherches ont été faites dans une région des Pyrénées éloignée de toute ligne électrique industrielle. Dans une vaste prairie, furent disposés, soit sur des poteaux soit sous terre, des fils de cuivre soigneusement isolés du sol. Ces fils furent posés dans quatre directions : nord — sud, est — ouest, sud-ouest — nord-est, sud-est — nord-ouest. La mise à la terre des extrémités fut réalisée par l'intermédiaire de grandes plaques de zinc enfouies dans le sol humide.

Toutes ces lignes étaient reliées à une chambre d'observation renfermant les instruments suivants :

un électromètre à feuilles d'aluminium, destiné à mesurer l'intensité relative des ultraradiations émises par les hautes régions de l'atmosphère,

deux magnétomètres très sensibles, destinés à étudier la composante horizontale du magnétisme terrestre,

un milliampèremètre, destiné à mesurer l'intensité des courants telluriques et la conduction terrestre, une petite lunette astronomique, destinée à l'observation du disque solaire.

Les observations recueillies éclairent d'un jour nouveau la question des courants telluriques.

De l'est à l'ouest, circulent des courants dont le sens est toujours le même. Leur intensité, constamment variable, est généralement assez faible.

Les courants circulant du sud-ouest au nord-est sont plus intenses que les précédents ; ils subissent des variations continuelles et importantes, inverses de celles des courants est — ouest.

Enfin les courants circulant dans la direction nord — sud sont extrêmement variables d'intensité et de sens : généralement dirigés du sud au nord, ils peuvent être modifiés par des courants nord — sud d'origine locale qui diminuent leur intensité jusqu'à les faire changer de sens. L'apparition de ces courants locaux annonce toujours l'approche du mauvais temps dans l'ouest de l'Europe.

La conductibilité terrestre augmente quand les ultra-radiations solaires augmentent ; elle croît aussi quand la force électromotrice des courants telluriques devient plus élevée. L'humidité plus ou moins grande du sol ne paraît jouer qu'un rôle secondaire. Quand les ultraradiations solaires augmentent d'intensité, la conductibilité terrestre nord — sud augmente aussi, de même que la conductibilité sud-ouest — nord-est ; quant à la conductibilité est — ouest, elle varie très peu.

On constate également que les courants locaux sont influencés par les vents de surface, qui augmentent l'intensité des courants dirigés dans le même sens qu'eux et inversement.

Les résultats résumés ci-dessus permettent de faire quelques conjectures sur l'origine et le rôle des courants électriques dans le sol.

Les ultraradiations solaires provoquent des effets d'ionisation. Lorsqu'elles se manifestent longtemps avec une intensité suffisante, il se produit, dans les gaz très raréfiés de la haute atmosphère, une ionisation continue. Les ions négatifs, très mobiles, s'accumulent dans ces régions, qui prennent une charge négative élevée, tandis que les ions positifs, beaucoup moins mobiles, se localisent dans les régions moyennes (entre 5.000 et 12.000 mètres), qui prennent ainsi une forte charge positive, ainsi qu'on le constate par l'expérience. Au voisinage du sol, les ultraradiations solaires doivent libérer de même une charge négative localisée dans la partie inférieure de l'atmosphère, et des ions positifs qui sont refoulés vers le sol, où ils produisent des phénomènes de radioactivité.

La rotation de la terre, entraînant les charges négatives supérieures, produirait un champ électromagnétique, se traduisant par un courant intense, dirigé de l'ouest à l'est, et qui serait sans doute l'origine du magnétisme terrestre.

Les charges positives de l'atmosphère moyenne produiraient aussi, sous l'action de la rotation de la terre, un champ électromagnétique inverse du précédent, dont l'effet serait partiellement annulé par le champ créé près du sol par le déplacement des charges négatives inférieures.

D'ailleurs, sous l'action de puissants courants d'air ascendants et descendants, il doit se produire des apports de charges positives au voisinage du sol, ayant pour conséquence des perturbations locales.

Enfin les charges positives terrestres et les charges négatives de la haute atmosphère pourraient se recombiner dans les régions polaires, où la résistivité atmosphérique est moindre. Il en résulterait un apport constant d'électricité positive de l'équateur vers le pôle à travers le sol, et ainsi s'expliqueraient les courants telluriques sud — nord de nos régions.

PÉRIODIQUES EN LANGUES ÉTRANGÈRES

Une nouvelle application des tubes à vide en T. S. F.

(*Jahrb. d. drahtl. Telegr. :* décembre 1921). — M.-L. Kühn

explique pourquoi il est impossible d'obtenir une forte émission d'ondes hertziennes lorsqu'on intercale le microphone directement dans le circuit d'antenne. Il étudie ensuite la méthode appliquée dès 1914 par la Western Electric C° (laquelle consiste à intercaler le microphone dans le circuit de grille du tube générateur) et montre que l'inconvénient de ce procédé résulte du fait qu'en cas de variations notables de l'intensité sonore, le tube fonctionne en dehors de la partie sensible de sa caractéristique ; il en résulte qu'il cesse brusquement d'osciller ou bien qu'il oscille sans arrêt. M. Kühn poursuit l'étude mathématique du problème au moyen d'une série de « caractéristiques d'influence » pour un montage donné, qui a été imaginé en 1918 et qui est semblable à celui préconisé en Amérique pendant la guerre. Avec un pareil dispositif, on a obtenu d'excellents résultats entre Nuremberg et Berlin en novembre 1919 ; avec un émetteur de 600 watts, l'énergie reçue était de l'ordre de 7 ohms 1/2. Avec un courant de 2 ampères 1/2 dans l'antenne, et une résistance de 10 ohms, on a obtenu une excellente audition entre Berlin et Dresde au début de 1921 ; le récepteur-amplificateur était composé de 3 tubes à vide.

Conditions de fonctionnement des services radioélectriques d'informations en Angleterre (*The Electrician :* août 1922). — Il n'est pas douteux qu'un grand pas a été fait vers l'inauguration du service d'informations en Angleterre puisque l'on annonce que le 21 août doit commencer, à titre d'essai, la transmission à Londres de concerts et de sermons, le service devant être étendu à la province six ou sept semaines plus tard. Ceci prouve que les différends qui, à certaine époque, menaçaient de faire échouer cette tentative, ont été réglés et que des accords ont été conclus, qui ont abouti à la formation d'une société portant le nom de « British Broadcasting Co », avec M. Marconi pour président, laquelle société sera chargée d'assurer le service et de centraliser tous les perfectionnements susceptibles d'y être apportés. Actuellement, il reste à régler en détail la constitution de la société ; quant au Postmaster General, il lui reste à délivrer l'autorisation nécessaire. Rien

n'a été fait encore à ce propos, mais nous espérons que le délai sera de faible durée. Ainsi que nous l'avons déjà annoncé, des postes seront installés à Birmingham, Manchester, Newcastle, Plymouth, Cardiff, Aberdeen, Edimbourg ou Glasgow, et les frais annuels d'exploitation de chaque poste sont évalués à 20.000 livres sterling. La station émettrice de Londres sera installée à Marconi House.

Le Postmaster General a fixé certaines conditions de fonctionnement de la Broadcasting Co. Tout d'abord, ses bénéfices sont limités à 7 1/2 pour cent par an. Pendant deux ans, les appareils seront rigoureusement du type soumis par les membres de la société à l'approbation du Post Office ; mais en vue d'éviter tout ce qui pourrait ressembler à un monopole, le Postmaster General a décidé que tout fabricant anglais d'appareils radioélectriques (*bona fide* manufacturer) serait autorisé à devenir membre de la Broadcasting Co, simplement en prenant une part d'admission de une livre sterling. La licence de la société imposera la continuité d'un bon service. Quant aux dépenses, le Post Office versera une partie des taxes perçues sur les postes récepteurs, et une contribution supplémentaire sera prélevée sur le prix de vente de chaque poste récepteur (part des fabricants). Donc, l'affaire est lancée ; on pourra profiter de la période d'engouement avant qu'une réaction se dessine. Car, ainsi que le faisait remarquer récemment M. Marconi, le développement du nouveau service sera une source de revenus considérables et d'emplois rémunérateurs, surtout si la société se décide à accorder des licences de fabrication.

Le Téléphone à Constantinople (*Telegr. and Teleph. Journ.* : août 1922). — D'après des renseignements récents, le service téléphonique à Constantinople continue à se développer d'une manière satisfaisante en dépit du calme complet des affaires. En 1921, le nombre des postes a augmenté de 13 0/0 environ : il est en effet passé de 6.822 à 7.697. Pendant la même période, le nombre moyen d'appels par 24 heures et par abonné est passé de 4,7 à 5,5. Le régime étant celui des conversations taxées exclusivement, cette dernière augmentation est particulièrement importante.

La population de Constantinople a pris l'habitude de téléphoner; le service est généralement bon ; le délai moyen d'attente est de 6,7 secondes.

On s'attend à un accroissement rapide du service dès que les affaires reprendront, mais celles-ci resteront paralysées tant que l'Anatolie et la Russie méridionale n'auront pas été rouvertes au commerce.

On se heurte ici aux difficultés que connaissent bien les employés qui assurent le service téléphonique à l'étranger, et elles ne sont pas minces : tous les opérateurs doivent parler correctement deux langues au moins : le turc et le français. Un grand nombre d'opératrices en parlent davantage. Certaines connaissent sept ou huit langues, anglais compris. Le personnel d'exploitation est entièrement indigène : grec, arménien et juif ; on compte quelques « hanoums » (jeunes filles turques). Cette dernière catégorie est particulièrement difficile à instruire en raison surtout de ce que les hanoums ont été pendant plusieurs générations captives dans les harems. Cependant toutes les races indigènes sont intelligentes et aptes à recevoir une bonne instruction professionnelle.

Une expérience de téléphonie par haut-parleurs (*Telephony :* juillet 1922). — Le personnel des ateliers de la « Western Electric » à Hawthorne (Illinois) a eu récemment l'occasion d'assister à une démonstration du haut-parleur Bell. Un grand nombre d'employés avaient entendu parler de l'installation et de la possibilité de s'en servir pour communiquer de loin avec des milliers de personnes ; plusieurs avaient participé à l'installation, mais la plupart ne connaissaient que par ouï-dire les résultats merveilleux qu'on pouvait en attendre.

Parmi les 34.000 employés et ouvriers des ateliers de Hawthorne, 25.000 purent entendre M. Thayer, président de l'A.T. et T. C°, le président Du Bois et diverses autres personnes parler de New-York (distance : 1.600 km.) ainsi que M. Nowell, vice-président de la Pacific T. et T. C°, qui se trouvait à San Francisco (distance : 3.200 km.)

Les courants de conversation étaient transmis par les lignes

transcontinentales de l'A. T. et T. C° et amplifiés à Hawthorne de telle façon que tous les auditeurs groupés en dehors des ateliers (certains se trouvant à 200 m. des porte-voix) pouvaient entendre distinctement les personnes qui leur parlaient d'aussi loin.

A tous points de vue, l'expérience fut parfaitement réussie. On sait que le haut-parleur Bell comprend : un microphone très sensible devant lequel parle l'orateur ; un amplificateur qui renforce les courants de conversation ; des récepteurs haut-parleurs munis de porte-voix ; un appareil d'alimentation, des circuits convenables et divers organes de commande.

Le microphone (fig. 1) est monté dans une cage de 15 cm. environ de diamètre, fixée à des supports spéciaux destinés à amortir les vibrations mécaniques qui pourraient nuire à la qualité des sons à transmettre. Le microphone ne comporte pas d'embouchure ; il est assez sensible pour enregistrer la voix de l'orateur parlant à 1 ou 2 mètres de l'appareil, même s'il n'est pas toujours placé juste en face de celui-ci.

Le diaphragme consiste en une membrane en acier très mince étirée pour donner un son très haut ; des granules de charbon de résistance variable sont disposés de part et d'autre du diaphragme ; au dos du diaphragme, autour du fond, se trouve une plaque très mince séparée de la membrane par une distance de un millième de pouce environ. Sur le bord, quelques petites ouvertures font communiquer l'espace vide avec l'air ambiant.

Quand le diaphragme vibre, le frottement et la compression de l'air dans l'espace vide et dans les ouvertures influent beaucoup sur la façon dont il obéit aux ondes sonores. Les excellents résultats obtenus avec cet appareil sont dus à la combinaison du diaphragme amorti à haute fréquence par l'air, avec les granules symétriques et équilibrés et le circuit.

Le rôle du microphone consiste évidemment à transformer en énergie électrique l'énergie sonore de la voix de l'orateur. Mais l'énergie ainsi produite est très faible ; elle est beaucoup plus faible que celle produite dans un microphone ordinaire. Il s'ensuit qu'il faudra amplifier beaucoup l'énergie électrique pour obtenir dans le récepteur des sons assez forts.

Pour cela, on se sert d'un amplificateur à plusieurs étages. Il y a d'abord une seule lampe qui constitue l'amplificateur du microphone ; de là, le circuit se continue vers l'amplificateur d'énergie. Celui-ci est alors relié aux lignes à longue distance s'il s'agit de parler à un auditoire très éloigné.

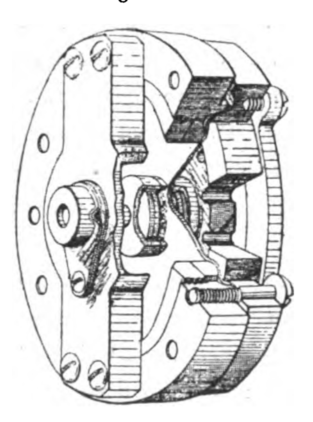


Fig. 1. — Le microphone.

Le second étage d'amplification — le premier de l'amplificateur d'énergie — est relativement simple, mais, pour le troisième étage, on se sert d'un montage en « push pull », et pour le quatrième étage d'un double jeu de lampes très puissantes montées en « push pull » également. Ces dernières fonctionnent sous des tensions supérieures à celles des lignes ordinaires d'éclairage ou de force électrique ; aussi, a-t-on installé un moteur-générateur spécial pour les faire fonctionner. Sur les lignes à longue distance, outre les amplificateurs extrêmes, on a installé tous les 300 ou 500 km. de petits amplificateurs, ou répéteurs, destinés à compenser les pertes sur les lignes.

L'amplificateur des courants téléphoniques (transmitter amplifier) consiste en une seule lampe à 5 watts (type E de la Western Electric), montée sur le circuit qui reçoit les courants microphoniques, et qui les retransmet sur la ligne à longue distance, ou dans le principal amplificateur ou premier amplificateur d'énergie, si l'orateur doit se faire entendre au loin directement.

L'étage préliminaire de l'amplificateur principal ou amplificateur

d'énergie, lequel peut être à volonté mis en circuit ou hors circuit au moyen de commutateurs, consiste en une lampe unique à 5 watts (type E). Dans l'étage intermédiaire, deux lampes du même type

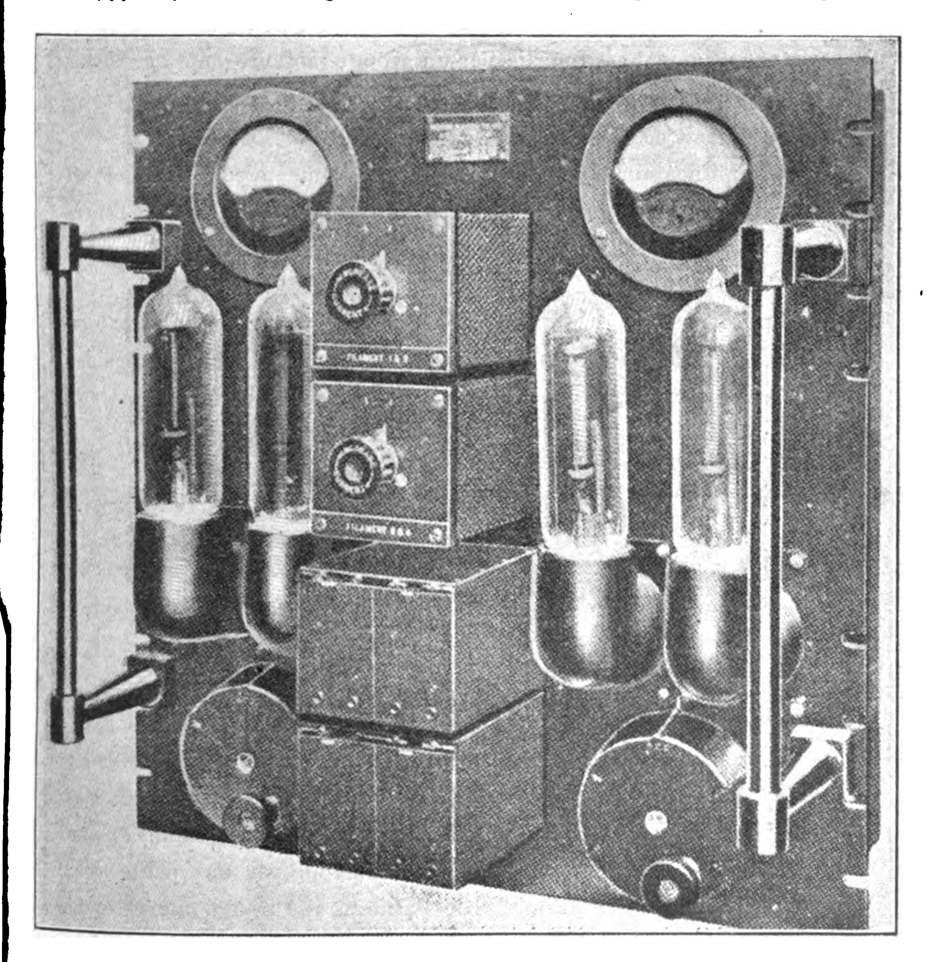


Fig. 2. — L'amplificateur à quatre lampes en parallèle (montage « push pull »; deux lampes de chaque côté du circuit.

sont montées en parallèle : le courant des deux filaments est commandé par un seul rhéostat du même modèle que celui qui règle le courant de chauffage d'une seule lampe.

Dans le dernier étage (fig. 2) quatre lampes de 50 watts (type G) sont montées en parallèle suivant le système « push pull ». Les

quatre filaments sont montés en parallèle deux à deux, le courant étant commandé par des commutateurs distincts. Ces lampes fonctionnent sous une tension très élevée : 220 volts dans l'étage préliminaire et 750 volts dans les autres. L'énergie appliquée à l'amplificateur principal est fournie par un groupe moteur-générateur branché sur le réseau local (110 volts en courant continu). Une génératrice fournit de l'énergie à 12 volts, et l'autre à 750 volts.

L'amplificateur du microphone fonctionne mieux lorsqu'il est alimenté par une source électrique indépendante, et comme l'énergie requise est faible, on utilise généralement des accumulateurs et des piles sèches.

Les porte-voix de forme rectangulaire ou pyramidale sont en bois ; ils ont pour la plupart 3 mètres de long ; ils servent à guider et à distribuer les sons émis par le diaphragme du récepteur.

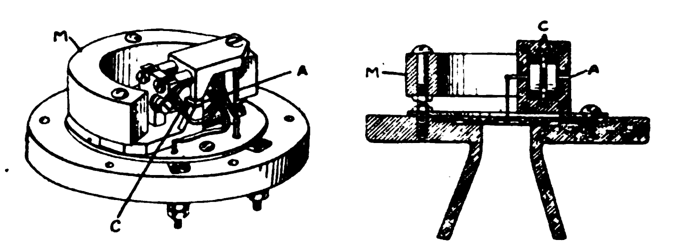


Fig. 3 — Schéma du récepteur haut-parleur.

Le récepteur (fig. 3) renferme un puissant aimant et possède un très bon circuit magnétique. L'armature vibrante en acier est suspendue près du centre à une lame légèrement flexible, tandis qu'une extrémité est reliée à un diaphragme en toile par une petite tige.

A chacune des extrémités de l'armature se trouve une paire de pièces polaires magnétiques qui fonctionnent en sens contraire (push pull system). Les électros parcourus par les courants de conversation possèdent une armature pour noyau simple, et sont presque complètement entourés par les pièces polaires.

Le diaphragme, de construction spéciale, est revêtu d'un corps plastique qui donne le degré d'élasticité voulu ; il porte des ondulations circulaires qui augmentent ses qualités acoustiques. L'électro-aimant est logé dans une petite boîte métallique (fig. 5) à laquelle

on fixe le porte-voix. L'intensité du son émis par les porte-voix est réglée par un transformateur spécial au moyen d'un commutateur à cadran particulier pour chaque groupe de porte-voix.

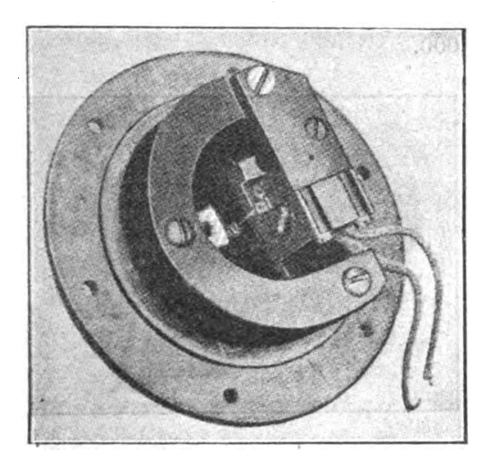


Fig. 4. — Electro-aimant du récepteur haut-parleur.

Les essais ont prouvé que la voix reproduite était plus naturelle et plus agréable lorsque les porte-voix étaient groupés comme le montre la figure 6 et non placés en divers points de l'emplacement occupé par les auditeurs.

L'énergie sonore absorbée par le microphone est si faible que même amplifiée un billion de fois, elle serait encore dix fois trop faible pour allumer une lampe à incandescence ordinaire. L'énergie électrique débitée par le microphone est aussi d'une faiblesse extrême.

L'amplification obtenue avec le seul amplificateur très puissant c'est-à-dire sans amplificateurs sur les lignes à longue distance, est environ 18,75 billions de fois l'énergie initiale. Chacun des amplificateurs disposés le long des lignes, pour compenser les pertes, donne une amplification moyenne égale à 10 environ.

Pour l'ensemble de l'installation, l'amplification est la suivante :

Amplificateur principal, étage préliminaire : amplification maximum de l'énergie, 290 ; rapport maximum des courants, 17.

Amplificateur principal, étage intermédiaire : amplification maximum de l'énergie, 1.075 ; rapport maximum des courants, 12,7.

Amplificateur principal, dernier étage : amplification maximum de l'énergie, 233 ; rapport maximum des courants, 48.

Amplification maximum possible avec l'ensemble de l'installation : amplification de l'énergie, 18,75 billions de fois ; rapport des courants, 64.000.

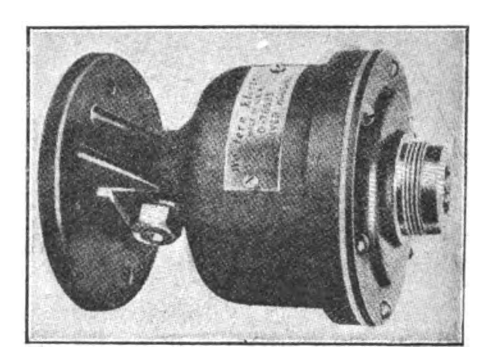


Fig. 5. — Vue d'ensemble du récepteur démuni du porte-voix.

Jusqu'ici, on s'est surtout servi des téléphones haut-parleurs pour transmettre la parole sur les lignes à longue distance, mais il paraît que les amplificateurs fonctionnent également bien lorsque la voix est transmise sans fil. L'installation est la même sauf qu'à l'extrémité réceptrice, on substitue à la ligne téléphonique une antenne et un détecteur.

Les possibilités d'emploi des téléphones haut-parleurs lorsqu'on table sur ce qui a été fait jusqu'ici, ne peuvent que frapper l'imagination et retenir l'attention des esprits les plus pratiques.

Le président Harding s'est fait entendre de 125.000 personnes assemblées dans les jardins du Capitole, le jour où il a prononcé son premier discours présidentiel.

Le 11 novembre 1921, lorsque le Président prononça l'oraison funèbre du soldat américain inconnu, 100.000 personnes se trouvant dans le cimetière d'Arlington, ou aux abords de la nécropole purent l'entendre. En même temps, la musique religieuse, l'oraison funèbre et d'autres discours étaient répétés à 15.000 personnes dans Madison Square à New York, à 20.000 autres dans un parc voisin et à 20.000 autres assemblées au Civic Auditorium de San Francisco.

Ce n'est là qu un petit nombre des expériences mémorables faites avec des téléphones haut parleurs ; mais elles suffisent à montrer les possibilités de ce système.

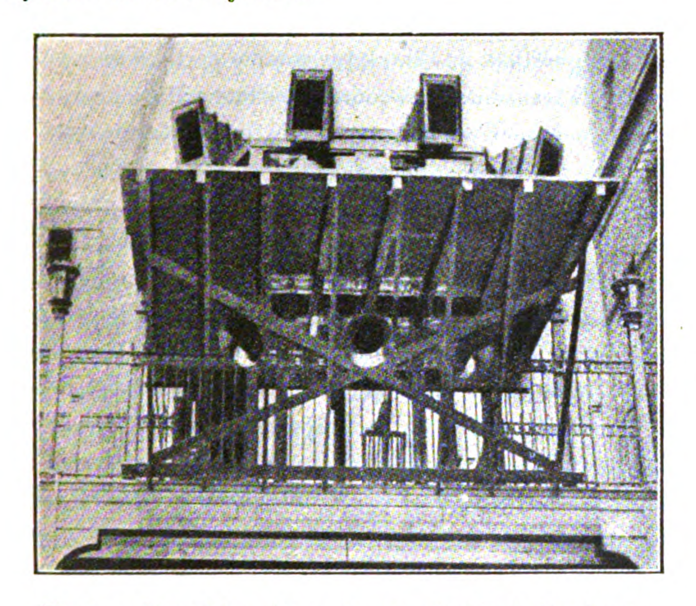


Fig. 6. — Disposition des porte-voix adoptée à Hawthorne.

Lampe à vide très puissante. (R. W. King, *The Mountain States Monitor* : octobre 1922.) — Aux yeux des non-initiés, il semble qu'il n'y ait aucun rapport entre les petites lampes qui s'allument sur les multiples téléphoniques modernes et la lampe à vide qu'on alimente au moyen d'une dynamo puissante actionnée par une machine de 250 chevaux. Chacun sait que les lampes des multiples ne sont pas plus grosses qu'une arachide, tandis que la lampe à vide gros modèle est longue de 90 centimètres et large de 10 ou 15 centimètres.

Ces lampes énormes sont utilisées pour produire, détecter et moduler les oscillations à haute fréquence. Les grosses lampes peuvent encore être utilisées comme amplificateurs. Donc, les grosses lampes diffèrent des lampes plus petites non pas dans leur principe, mais seulement en raison de leur puissance électrique. Les lampes grand modèle, servant à produire des oscillations à haute fré-

quence, peuvent débiter jusqu'à 100 kilowatts, tandis que les lampes oscillantes d'une installation à courant porteur ne débitent normalement qu'un kilowatt. On voit que la lampe grand modèle est 100.000 fois plus puissante que la lampe petit modèle, et qu'il ne saurait être question de l'employer comme partie d'un répéteur ou d'un poste de transmission à courant porteur. Mais, on voit immédiatement quels services les lampes très puissantes peuvent rendre en télégraphie et en téléphonie sans fil.

Voici la série des expériences qui ont conduit à la découverte de la lampe à vide très puissante. Il y a plusieurs années, M. Houskeeper, ingénieur de la « Western Electric C° », cherchait dans son laboratoire une méthode permettant de construire à bon compte les petites lampes-pilotes des multiples téléphoniques. Il s'efforçait de supprimer le fil de platine qui amène le courant de chauffage sur le filament intérieur de la lampe. Ses travaux l'amenèrent à constater qu'un fil de cuivre se soude très bien avec le verre fondu; leur adhérence est parfaite. Mais il faut que le fil en se refroidissant ne fasse pas craquer le verre. On sait que le platine et le verre se contractent dans la même proportion lorsque leur température s'abaisse, mais qu'il n'en est pas de même pour le cuivre et le verre. Après de nombreux essais, M. Houskeeper put constater qu'en donnant au fil de cuivre une forme spéciale, on éviterait les fêlures du verre.

Les bons résultats obtenus au cours de ses recherches sur les petites lampes pour meubles téléphoniques lui donnèrent l'idée de chercher un mode de scellement du verre et du cuivre, encore plus robuste. Il y réussit parfaitement.

C'est à ce moment que les ingénieurs du Bell System, spécialisés dans les études relatives au perfectionnement des appareils radiotélégraphiques, reconnurent qu'on serait bientôt amené à se servir de lampes à vide beaucoup plus puissantes que celles employées jusque-là. Mais un problème se posait avant tous les autres, à savoir : la suppression de la chaleur engendrée à l'intérieur de la lampe pendant son fonctionnement. Avec des lampes petit modèle, le rayonnement suffit pour combattre l'élévation de la température intérieure ; mais l'expérience a prouvé que le refroidissement par

simple rayonnement n'était guère suffisant que pour les modèles à 1 ou 2 kilowatts, au maximum. Il fallait donc trouver un système réfrigérant. Si l'on voulait utiliser l'eau froide, il fallait pouvoir mettre directement en contact avec elle les organes de ces lampes qui sont le plus sujets à s'échauffer, c'est-à-dire les plaques.

Les premières lampes à plaque refroidie à l'eau, mises en essai au laboratoire, avaient une anode constituée par un petit tube de platine ; le tube était fermé à une extrémité et ouvert à l'autre pour permettre la circulation de l'eau froide ; la grille et le filament étaient placés autour et en dehors de l'ampoule de la lampe. Après étude minutieuse, on s'est arrêté à une lampe à plaque en platine, dont le fil d'amenée du courant de chauffage est en cuivre et scellé dans le verre à l'aide d'un disque soudant spécial. Tous ceux qui savent combien est délicat le travail de soufflage du verre, pourront se faire une idée des difficultés de construction des lampes de ce genre. Il faut dire qu'on a imaginé divers dispositifs pour faciliter le travail.

L'invention des lampes à vide très puissantes aura pour la T. S. F. d'heureuses conséquences qu'on ne saurait méconnaître. Un nombre réduit de ces lampes sera suffisant pour les plus grosses stations radiotélégraphiques qui bénéficieront de la grande souplesse dans le fonctionnement qui caractérise les postes à lampes émettrices.

Quant à la radiotéléphonie, elle profitera de ces lampes pour transmettre des quantités d'énergie beaucoup plus considérables que celles qu'il était possible d'obtenir jusqu'à ce jour. Rien ne dit que la lampe de 100 kilowatts est le plus grand modèle possible. Il n'est pas douteux qu'on pourra construire des lampes semblables, mais encore plus puissantes, le jour où le besoin s'en fera sentir.

Importance, au Broadcasting, d'une bonne transmission et de programmes intéressants (*The Electrician* : novembre 1922). — Un ingénieur très au courant des questions radioélectriques a dit que le service privé d'informations sera « tué » *non pas par la lenteur apportée à son organisation, mais par l'exécution de programmes de qualité médiocre et par une transmission défectueuse.*

Nous avons bien peur qu'il y ait beaucoup de vrai dans cette boutade. De récentes expériences ont prouvé que pour faire de la téléphonie par haut-parleurs, même à très faible distance (à l'intérieur d'une grande salle ou sur un terrain assez étendu, par exemple), il fallait résoudre un certain nombre de problèmes électriques et acoustiques assez difficiles. Les questions de résonance, de distorsion, d'interférence doivent retenir toute l'attention ; si elles ne sont pas résolues d'une manière satisfaisante, la transmission sera défectueuse, et le public déçu ne tardera pas à se décourager. Nous espérons que la « Broadcasting C° » ne perd pas de vue ces considérations et que les programmes seront aussi bons au point de vue acoustique qu'ils promettent de l'être au point de vue électrique.

Broadcasting commercial (*The Electrician :* 3 décembre 1922). — Samedi soir, il nous a été donné d'assister au banquet annuel de la section londonienne de la Société des Journalistes. Entre la poire et le fromage, on annonça aux convives qu'ils allaient entendre un radio-concert. Nous prêtâmes l'oreille, mais aussitôt nous nous souvînmes d'une petite note parue dans les colonnes de l'*Electrician* et qui disait que le nouveau service radioélectrique serait *tué* par les programmes de mauvais goût et par la mauvaise qualité de la transmission. S'il en est réellement ainsi, le service radiotéléphonique privé est condamné à mourir sous peu. Nous n'avons entendu qu'une succession de sons rauques, tantôt parlés, tantôt chantés, et n'avons pas compris un traître mot. Par contre, nous avons fort bien entendu ce qui se disait à côté de nous, et cela a suffit. Franchement, si c'était un programme type, il n'était pas assez bon : il n'était même pas médiocre. Nous avions l'impression d'entendre un gramophone de troisième qualité après qu'il a été réparé par le mécanicien-amateur de la famille !

En principe, le service radioélectrique d'informations est appelé à développer considérablement les affaires dans l'industrie électrique mais il reste encore beaucoup à faire pour qu'il en soit réellement ainsi.

Téléphonie sans fil sur les trains (*Vossische Zeitung :* septembre 1922). — En février 1922, des expériences ont été faites sur

la ligne de chemin de fer de Lakawana, en Amérique, avec un appareil de téléphonie sans fil, d'un train en marche et vers ce train, pour déterminer les influences des conditions locales sur l'intensité de la sonorité des paroles et des signaux reçus.

En amenant le train dans une tranchée de 10 à 15 mètres de profondeur on obtenait une sonorité presque aussi grande qu'en terrain plat ; par contre tout s'éteint lorsque le train traverse d'épaisses forêts. La proximité de petits cours d'eau contribuait essentiellement à l'augmentation de la sonorité à la réception.

Les signaux de 2 grandes stations de T. S. F. et de plusieurs postes de navires furent distinctement perçus, et même avec une netteté singulière pendant la traversée d'un tunnel d'une longueur de 1330 m et passant à une profondeur d'une trentaine de mètres ; vers la sortie du tunnel ils furent d'un éclat tout à fait exceptionnel. Les expériences nouvelles ne firent que confirmer les anciennes, à savoir que la direction des fils a une grande influence sur la force des signaux reçus. Comme d'habitude, l'antenne du train se compose de fils tendus sur le toit du wagon, dans le sens de la longueur. Que le train décrive une grande courbe, par exemple autour d'une colline, aussitôt, à la suite des changements de direction de l'antenne réceptrice, les signaux des postes émetteurs entendus jusqu'alors disparaissent complètement, tandis que les signaux de postes non encore entendus arrivent subitement.

Le personnel des postes de relais (*Telegr. and Teleph. Journal :* novembre 1922). — Le travail accompli par le personnel chargé de la surveillance des installations des stations de relais n'est pas toujours apprécié à sa juste valeur par ceux qui n'ont jamais eu à effectuer le minutieux réglage de ces appareils délicats. C'est un travail qui donne sur les nerfs, surtout lorsque — soit dit sans offenser nos collègues étrangers — des difficultés surgissent sur les circuits internationaux.

Le réglage des relais intercalés sur certains circuits n'est pas une petite affaire : il ne suffit pas de serrer davantage ou de desserrer légèrement une vis de réglage, de ralentir ou d'accélérer plus ou

moins le fonctionnement du relais! C'est quelque chose de plus pénible, de plus difficile que cela, et de plus énervant aussi. Par conséquent sachons reconnaître le réel mérite de nos collègues chargés d'une besogne obscure mais combien utile.

Timbrage automatique des correspondances (*Times Trade Supplement :* novembre 1922). — En dépit des progrès accomplis au cours des dernières années dans la conduite des affaires, dans l'organisation et l'équipement des bureaux, on se trouve encore dans la même situation qu'il y a 80 ans en ce qui concerne l'affranchissement des objets de correspondance. Or, le système en vigueur aujourd'hui ne permet pas d'effectuer facilement le timbrage des nombreux plis composant les volumineux courriers expédiés chaque jour par les banques et les maisons de commerce, etc. A des conditions nouvelles doivent répondre des moyens nouveaux. D'autre part, pour un grand nombre de maisons, le calcul des frais de correspondance est une tâche fort complexe.

Le Postmaster vient d'autoriser la mise en service de machines qui, tout en permettant aux expéditeurs de gagner du temps, les dispenseront de se servir d'un carnet de consommation des timbres-poste, dont la tenue est sujette à erreurs, ou parfois cause de détournements déguisés pouvant atteindre des sommes très importantes.

Avec la nouvelle machine on peut affranchir les lettres et autres objets dont le port varie entre un demi-penny et un shilling, à raison de 25.000 plis par jour, ou de 200.000 si la machine est actionnée mécaniquement. Les empreintes imprimées sur les enveloppes, remplaçant les anciennes figurines collées, sont reconnues valables par tous les pays qui ont adhéré à la convention postale de Madrid.

Un compteur automatique additionne le montant des timbres imprimés, ce qui permet de se rendre compte à un moment quelconque des frais d'affranchissement des courriers de la maison. Le personnel indélicat ne peut donc plus puiser dans la réserve de timbres-poste de l'établissement.

Il existe deux types de machines universelles à affranchir. L'un est commandé par des cames, l'autre est du type rotatif. La machine

à cames existe en deux modèles : le premier est actionné à la main, l'autre est à commande électrique ; celui-là peut *imprimer* de 1.000 à 3.000 timbres par heure, celui-ci jusqu'à 6.000 timbres dans le même temps.

Le mécanisme est extrêmement simple. Un tambour porte six étampes correspondant aux différentes valeurs des timbres ; il est commandé par un levier qui amène à la position convenable l'étampe dont on entend se servir. L'impression se fait à l'aide d'une manivelle à l'endroit de l'enveloppe correspondant à un indicateur à cadran placé en avant de la machine. Chaque impression est enregistrée par deux compteurs automatiques indépendants, dont l'un fait partie de la machine, et dont le second peut être enlevé pour être remonté par le Post Office lorsque l'usager a consommé tous les timbres qu'il a payés à l'avance. Le dispositif enregistreur des timbres de diverse catégorie est des plus ingénieux. Une série de roues dentées (une roue à 24 dents pour le timbre d'un shilling, une roue à une dent pour le timbre d'un demi-penny, avec d'autres roues pour les valeurs intermédiaires) fonctionne en même temps que les étampes ; si l'affranchissement est de 3 pence, le compteur avancera de six crans. Comme une machine à additionner, le compteur totalise les valeurs et indique le montant en livres sterling, shillings et pence.

Les tentatives de fraude dommageables aux intérêts du Trésor sont évitées de la façon suivante. La face de l'étampe est pourvue d'une légère dépression ou incision, qui, au moment de l'impression appuie sur une petite barre enroulée en spirale, ce qui produit un blanc à cet endroit précis. Au cas où un fraudeur essayerait de prendre un double de l'empreinte, soit au papier carbone ou autrement, la barre imprimerait un trait continu en travers du timbre frauduleux, et alors les employés des postes s'apercevraient que la machine n'a pas été utilisée réglementairement.

Par surcroît de précautions, la machine est agencée de telle façon qu'une fois l'enveloppe insérée dans la fente ad hoc, il est impossible de la retirer avant impression du timbre d'affranchissement, c'est-à-dire avant que la machine ait fait un tour complet et que l'étampe soit revenue à sa position initiale.

Au tambour est associé un dispositif dateur et oblitérant qui permet d'oblitérer les empreintes : ainsi les plis sont prêts à être expédiés. Un système de rouleaux entraîne les enveloppes timbrées hors de la machine : elles tombent dans une corbeille.

Les machines du type rotatif fonctionnent sur le même principe que la machine actionnée à la main, mais leur débit est plus considérable : il peut atteindre 40.000 lettres par heure. Le dispositif imprimant et les compteurs sont entièrement automatiques. On peut fort bien les associer avec les machines à clore les enveloppes, malgré que ces dernières aient réservé certains mécomptes en raison de l'humidité et du mucilage qui peuvent tôt ou tard influer sur le bon fonctionnement des divers rouages.

La machine à affranchir possède divers avantages. Elle est très compacte : ses dimensions ne dépassent guère celles d'une machine à écrire ordinaire ; le prix des machines petit modèle est à la portée de toutes les maisons ayant un courrier de départ volumineux. Pour le Post Office, elle présente une économie de 50 % puisqu'elle supprime le travail de relevage des correspondances et l'oblitération des figurines avant expédition. On peut évaluer à un million de livres sterling les économies réalisables de ce fait en une seule année. Enfin, le dépôt dans les bureaux des lettres préalablement oblitérées peut avancer parfois leur départ de 12 ou 24 heures. Le Post Office autorise l'emploi des machines et les loue moyennant versement d'une indemnité annuelle fixe. Après un certain temps, lorsque le prix de revient et les frais d'installation des machines sont couverts, le Post Office ne perçoit plus qu'une faible somme pour couvrir les frais annuels de vérification et d'entretien.

Des machines à affranchir munies de compteurs automatiques ont été employées avec succès en Amérique, en Nouvelle-Zélande, aux Indes, en Égypte et en divers autres pays. Un jour viendra où elles remplaceront les figurines postales à coller sur les objets de correspondance et où elles feront obligatoirement partie du matériel d'un bureau de poste vraiment moderne.

INFORMATIONS ET VARIÉTÉS.

La T.S.F. rend de grands services aux gardiens de phare. — Un grand nombre de phares construits sur des îles côtières et de phares flottants possèdent un poste de T.S.F. qui sert en temps de brume pour aider les navires munis d'un poste radiogoniométrique à trouver leur position exacte. Mais, outre ces services, appréciés des navigateurs, il faut signaler ceux que la T.S.F. rend aux gardiens de phare qui vivent entre ciel et eau pendant un temps parfois très long ; c'est ainsi que les gardiens des phares de l'Alaska, à l'entrée de la mer de Bering, restent à leur poste pendant trois années consécutives et sont souvent dix mois sans recevoir de courrier ; quant à certains bateaux-phares, ils ne sont ravitaillés qu'une fois par mois. La T.S.F. joue ici encore un rôle humanitaire en permettant à ces serviteurs de rester en contact avec le reste du monde.

Une nouvelle station suédoise à grande puissance. — Le poste d'émission est situé au sud de Göteborg entre Varberg et Falkenberg, et le poste récepteur près de Kungsbacka, à quelque cinquante kilomètres du premier. La transmission des télégrammes se fera de Göteborg par commande à distance. L'équipement coûtera environ 1.660.000 couronnes. Les dépenses totales sont évaluées à 4.850.000 couronnes. La nouvelle station sera en état de fonctionner à la fin de 1923 ; elle correspondra avec la station américaine de Long Island. Un accord conclu permettra d'abaisser à 90 öre par mot la taxe des télégrammes. Cette somme est légèrement inférieure à celle perçue lorsque les radiotélégrammes passent par la station norvégienne de Stavanger. La station suédoise sera équipée pour transmettre à la vitesse de 80 mots par minute.

Mise en service du premier central automatique téléphonique de New York. — Le premier bureau automatique du réseau de New York a été mis en service à minuit le 14 octobre dernier ; cette installation nouvelle placée dans le local du bureau manuel « Pennsylvania », dessert 1.700 abonnés.

Les seuls abonnés reliés au bureau « Pennsylvania » feront usage du disque d'appel ; les autres abonnés appelleront à la manière ordinaire. L'introduction d'un bureau automatique dans le réseau de New York a été conçue de telle manière qu'un abonné demandeur n'ait pas à connaître si l'abonné avec qui il désire parler est relié à un bureau manuel ou automatique.

D'autres bureaux centraux seront équipés sous peu en système automatique.

Interpellation en Autriche contre le monopole Marconi. — Deux membres du Bundesrat ont interpellé, au Bundesrat, contre l'abandon du monopole de la T.S.F. en Autriche allemande pour une durée de 20 ans à la société anglaise Marconi.

Le Gouvernement explique que 3 offres lui avaient été soumises. La première par la Société Marconi, la deuxième par la Compagnie française de Télégraphie sans fil et la troisième par la Société Radio allemande. La proposition française fut la première rejetée. La proposition anglaise renfermait des offres plus avantageuses. La Société autrichienne Marconi projetée aurait un président autrichien et une majorité d'Autrichiens dans le conseil d'administration. Tous les employés seraient pris dans le service radio autrichien. Le contrôle serait très sévère. Les interpellateurs, déplorent que la concession du monopole de la T.S.F. ait été faite à une société anglaise, ce qui placera certainement à l'avenir l'Autriche allemande sous une tutelle britannique.

Infractions au monopole radiotélégraphique. — Un membre d'un établissement financier d'Amsterdam est poursuivi pour avoir transmis à Londres, par T.S.F., un message relatif à des opérations de bourse. Le message chiffré se rapportait principalement à des valeurs pétrolifères.

Bien que la banque dont il s'agit possède trois postes de réception radiotélégraphique, elle n'a jamais pu obtenir du gouvernement hollandais l'autorisation d'envoyer par T.S.F. à Londres des messages télégraphiques. Le banquier est accusé d'avoir soudoyé un jeune opérateur de l'armée hollandaise, qui, pour avoir violé la loi, sera traduit en conseil de guerre.

Camions lourds munis d'un récepteur de T.S.F. — En Angleterre, les camions automobiles utilisés pour livrer des marchandises au loin sont souvent munis d'un poste récepteur qui leur permet de rester en contact permanent avec le chef du service. Fréquemment, le conducteur est informé par T.S.F. d'avoir à passer à tel endroit pour charger des marchandises à livrer ailleurs au cours du voyage de retour. D'importantes économies sont ainsi réalisées.

Développement rapide du téléphone en Allemagne. — Un journal américain écrit qu'en Allemagne, le nombre des téléphones n'a cessé de croître pendant la durée des hostilités, au point qu'en dépit des pertes territoriales, l'augmentation pour la période 1914-1920 y a été beaucoup plus accentuée que dans n'importe quel autre pays de l'Europe.

TRIBUNE DES ABONNÉS.

Question 17. — Il arrive parfois que des lignes d'abonnés qui donnent de bonnes communications urbaines, deviennent bruyantes dès qu'elles sont reliées à des lignes interurbaines ; elles semblent cependant aux essais être en bon état ; mais en général, on trouve en les revisant qu'elles sont affectées de certains défauts (branches d'arbres au contact des fils, entrées de postes en mauvais état). Comment explique-t-on que le mauvais état de ces lignes apparaisse seulement quand elles sont reliées à des circuits interurbains ?

Réponse. — Pour qu'une ligne soit « anti-inductée », c'est-à-dire pour que les courants induits par les autres lignes soient sans influence sur les récepteurs, les rotations et croisements ayant été faits régulièrement, il faut encore que l'isolement soit bon. Si une perte se produit sur la ligne, l'anti-induction cesse d'être réalisée (1). Dans le cas signalé, la perte assez résistante pour ne pas troubler l'anti-induction des lignes urbaines, est cependant suffisante pour troubler l'équilibrage d'un circuit interurbain beaucoup plus délicat.

∴

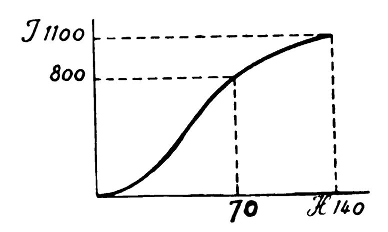
Question 18. — Voulant réaimanter des aimants d'appel magnétique qui avaient perdu toute leur aimantation, j'ai constitué un solénoïde où il passait 1/2 ampère. Le résultat a été négatif. Est-ce que l'intensité du courant employé était insuffisante ?

Réponse. — Pour répondre complètement à cette question il faudrait savoir combien le solénoïde comprenait *de spires de fil par centimètre de longueur.*

---

(1) Pour l'explication de ce fait voir : Cours de construction de lignes aériennes, p. 184.

Pour réaimanter des aimants qui doivent avoir une force portante de l'ordre de 4 kilogrammes par cm², ainsi que doivent être ceux des appels magnétiques, il est nécessaire de leur donner une intensité d'aimantation d'environ 800 gauss et en consultant la courbe d'aimantation de l'acier, il faut pouvoir créer des champs magnétiques



d'au moins 70 gauss. Dans un solénoïde parcouru par un courant de 1/2 ampère il faudrait près de 120 spires de fil *au centimètre*.

$$\left[\frac{4\pi}{10}\frac{N}{2}\times\frac{1}{-}=70\right]$$

Il est très probable que vous n'aviez pas autant de tours de fil. Quant au procédé opératoire, après avoir constitué une bobine plate portant le nombre d'ampère-tours nécessaires, on promène cette bobine d'une extrémité à l'autre du barreau à aimanter et l'on a bien soin de passer partout un même nombre de fois.

BIBLIOGRAPHIE

A. — Bibliothèque des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones.

Les systèmes de télégraphie et de téléphonie (*Origines, évolution, état actuel*). Par E. Montoriol, Inspecteur des Postes et Télégraphes, Professeur à l'École supérieure des Postes et Télégraphes. 1 vol. grand in-8°, de 723 pages, illustré de 737 figures et de 41 portraits. — J. B. Baillère et Fils, éditeurs, 19, rue Hautefeuille, Paris (VI[e]). Prix : 50 francs.

Cet ouvrage constitue une véritable histoire de la Télégraphie et de la Téléphonie, depuis leur origine jusqu'à ce jour. Il permet au lecteur de suivre pas à pas le développement de la science électrique et les mille applications qui ont été faites des découvertes successives.

L'auteur s'est efforcé d'établir cette histoire de façon impartiale, en indiquant, pour chaque point important, les sources où il a puisé sa documentation, et en attribuant à chacun, quelle que soit sa nationalité, la part qui lui revient dans les progrès réalisés. C'était là, sans doute, le point le plus délicat de sa tâche, car la priorité d'une même découverte est souvent revendiquée par plusieurs pays, sans souci des travaux antérieurs qui l'ont préparée et en quelque sorte suscitée. C'est ainsi que, pour le téléphone, l'auteur mentionne, tout d'abord, les travaux de laboratoire de Page (1837), de Joule, De la Rive, l'abbé Laborde, etc., sur les vibrations obtenues électriquement, puis l'idée même du téléphone, formulée pour la première fois, en 1854, par Charles Bourseul, reprise par Reiss, C. Varley, Elisha Gray et tant d'autres, puis enfin réalisée simultanément, en 1876, par Graham Bell et Elisha Gray. Le lecteur éprouvera, par surcroît, cette satisfaction de constater combien ce souci d'équité fait ressortir, mieux encore qu'un exposé tendancieux, la part importante qu'ont

prise les savants et inventeurs français à l'évolution de la science, dans cette branche spéciale de la télégraphie et de la téléphonie, comme dans toutes les autres.

Un rapide examen de la table des matières donnera une idée de l'importance de cet ouvrage :

Après avoir traité de la télégraphie optique, depuis Chappe jusqu'aux systèmes militaires actuels, on trouve l'histoire de l'électricité et du magnétisme depuis l'antiquité, ainsi que celles de l'électro-magnétisme, de l'induction, de l'établissement des lois des courants, de la propagation, etc.

Puis viennent les notices historiques et la description des appareils télégraphiques à aiguilles aimantées, français, à cadran, Morse et similaires, imprimeurs, autographiques, automatiques, multiples ; enfin, celles des instruments accessoires, piles, accumulateurs, paratonnerres, commutateurs, sonneries, rappels, relais, translations, instruments de mesures, etc.

L'étude des divers modes de construction des lignes forme trois importants chapitres, où l'on trouve, pour les lignes aériennes, les différents genres de métaux conducteurs et de supports successivement employés, ainsi que la description d'un nombre considérable d'isolateurs français et étrangers ; pour les lignes souterraines, les isolants, les lignes sous bitume, sous ciment, en câbles, en tranchées, en conduite, etc. ; pour les lignes sous-marines, les tentatives initiales sur des distances restreintes, puis les désastres qui marquèrent l'immersion des premiers longs câbles et enfin la construction actuelle.

La téléphonie comprend un historique complet, mentionné plus haut, et la description d'une foule d'appareils, depuis l'origine jusqu'aux systèmes actuels et aux relais téléphoniques.

Vient enfin la télégraphie sans fil, ou sont retracés les travaux en quelque sorte préliminaires de Joseph Henry, Helmholtz, Feddersen, Tesla, la théorie géniale de Maxwell, qui suscita les travaux de Hertz, Lodge, Blondlot, Turpain. Puis après la découverte du cohéreur, par Branly, la télégraphie sans fil proprement dite, avec Marconi, Ferrié, Blondel, Lodge, Muirhead et une foule d'autres qu'il faudrait citer.

L'ouvrage se termine par une très intéressante table des noms de savants et inventeurs cités dans l'ouvrage, et où l'on trouve des notes biographiques, très succinctes mais suffisantes pour fixer l'époque et le caractère spécial de chacun d'eux.

Ce livre, unique en son genre, fait le plus grand honneur à son auteur et sera hautement apprécié, non seulement par les professionnels, mais encore par tous ceux qui s'intéressent à la science électrique en général.

Cours de comptabilité et de droit budgétaire (3e édition, 1922). — 1 vol. de 152 pages. — Librairie de l'Enseignement technique, 3 *bis* rue Thénard, Paris Ve. — Prix : 6 francs.

Cet ouvrage est la réédition du Cours professé par M. Féret du Longbois, à l'École supérieure, en 1912, et mis au courant de la législation et de la réglementation actuelles par M. Ferrière, Directeur régional des Postes et Télégraphes à Paris.

B. — Ouvrages divers.

Introduction à la théorie de la relativité, calcul différentiel absolu et géométrique, par H. Galbrun, Docteur ès sciences, actuaire de la Banque de Paris et des Pays-Bas. — 1 vol. de 460 pages. — Gauthiers-Villars et Cie, éditeurs, 55, quai des Grands-Augustins, Paris VIe. — Prix : 60 francs.

Ce livre intéressera tous les mathématiciens et les physiciens ainsi que tous ceux qui tiennent d'études antérieures le goût des sciences exactes et qui désirent pénétrer plus avant dans la compréhension des phénomènes que révèle l'étude du *Principe de la Relativité*.

La force motrice électrique dans l'industrie, par Eugène Marec, ancien élève des Ecoles nationales d'Arts et Métiers, ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité, avec une préface de Paul Janet, Directeur du laboratoire central de l'École supérieure d'Électricité. — 1 vol. in-8° de 614 pages avec 541 figures. — Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, 55, quai des Grands-Augustins VIe. — Prix : 55 francs.

La radiotéléphonie, par Carlo Toché, ancien élève de l'École polytechnique, ancien officier radiotélégraphiste au Grand Quartier Général. Préface du général Ferrié, membre de l'Institut. Un volume in-4 couronne de 98 pages, 44 figures dont 9 photographies, 1922. Broché 10 frs. (Gauthier-Villars et Cie, éditeurs.)

Quel est le principe de la radiotéléphonie ? Quels sont les liens avec la télégraphie sans fil ?

L'Ouvrage du capitaine Toché à pour but de répondre aussi clairement que possible à cette curiosité du public ; il est écrit non seulement pour les électriciens et les ingénieurs, mais surtout pour tous ceux qui voudraient, en s'appuyant seulement sur des connaissances scientifiques générales, acquérir des notions nettes sur le principe de la Radiotéléphonie.

Tout en cherchant à exposer le côté technique de la question, le capitaine Toché s'est abstenu de longs développements analytiques. Au point de vue pratique, le lecteur trouvera un certain nombre de descriptions d'appareils industriels ainsi que des renseignements sur leur réglage et leur fonctionnement.

Enfin, dans un court chapitre, l'auteur donne un aperçu des applications actuelles de la Radiotéléphonie.

La télégraphie sans fil, par Edouard Branly, membre de l'Institut. Un vol. relié, illustré, de 4 frs. Payot et C[ie], 106, Boulevard Saint-Germain. Paris.

Cet exposé de la Télégraphie sans fil, écrit par le grand savant français lui-même, a pour objet de faire connaître, sans études spéciales préalables, les faits physiques qui ont conduit à la réalisation et aux progrès surprenants du nouveau mode de communication.

Beaucoup de détails ont été omis pour ne pas détourner l'attention du sujet principal ; vu les dimensions de l'ouvrage, certains procédés ont été négligés quand ils s'écartaient des principes directs essentiels.

Rester simple et à la portée du plus grand nombre, telle a été la préoccupation de l'auteur. Tel quel ce volume est d'un intérêt passionnant.

L'Élettrotecnica, Journal et Comptes rendus de l' « Associazione Elettrotecnica » Italiana, Milan — 10, Via S. Paolo. — L'*Association électrotechnique italienne*, fondée en 1897, compte parmi ses 4.200 membres toutes les personnalités du monde électrotechnique italien. L'*Elettrotechnica* résume toute la production technique et scientifique italienne dans le domaine de l'Électricité et de ses applications, aussi bien que dans les champs voisinants de la technique.

L'Elettrotecnica paraît trois fois par mois. Abonnement annuel Lit 60 frs. oro 70.

L'Indochine. — Après ses numéros spéciaux consacrés au Maroc et à l'Algérie, la *Vie Technique et Industrielle*, poursuivant son effort pour mettre en évidence les innombrables ressources qu'offrent à la France ses colonies et pays de protectorat, vient de faire paraître un nouveau numéro spécial consacré à l'*Indochine*.

Cette publication, qui comporte 176 pages et 135 illustrations, paraît sous le patronage de M. Maurice Long, Gouverneur général de l'Indochine et représente sans nul doute l'ensemble de documentation le plus important et le plus complet qui ait paru jusqu'ici sur cette florissante colonie.

Voici le sommaire de ce numéro qui a été publié en deux éditions : française et anglaise.

Quelques renseignements généraux sur l'Indochine économique. — Le développement des moyens de communications. — L'agriculture en Indochine. — Les forêts indochinoises. — L'industrie en Indochine. — Le tourisme en Indochine. — L'expansion économique de l'Indochine. Rôle et fonctionnement de son agence à Paris.

Prix du numéro : *8 francs*. Adresser les commandes accompagnées du montant en chèque postal (Compte n° 440-92) à l'Administrateur de la *Vie technique, industrielle, agricole et coloniale*, 18, rue Séguier, Paris (VIe).

La Technique moderne, la revue universelle des sciences appliquées à l'industrie, *devient bimensuelle*.

Pour répondre à l'augmentation sans cesse croissante de son tirage et au désir exprimé par ses abonnés d'une documentation toujours plus abondante, *la Technique moderne* a ainsi doublé sa périodicité depuis octobre dernier.

Le succès de *la Technique moderne* prouve sa valeur pratique et sa supériorité technique. On peut s'abonner aux 24 numéros annuels à la librairie Dunod, 49, quai des Grands-Augustins. La librairie Dunod se fera d'ailleurs un plaisir d'envoyer gracieusement un numéro spécimen à toute personne qui en fera la demande.

BREVETS D'INVENTION (1)

542.820. — Installation téléphonique pour bureau privé annexe. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

542.922. — Systèmes téléphoniques automatiques à comptage et à lignes partagées. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

542.946. — Perfectionnements apportés à la fabrication des câbles téléphoniques. M. Charles Frederick Street. — Angleterre.

542.975. — Perfectionnements dans les systèmes de signalisation électrique par courants porteurs. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

542.995. — Commande électromagnétique, directe et synchrone, pour appareils télégraphiques. — M. Etienne-Léon Grunenwald. — France.

Cette invention a pour objet l'entraînement des traducteurs Baudot et leur synchronisation automatique par rapport au distributeur. A cet effet, un moteur électromagnétique bipolaire est accouplé directement avec l'arbre du traducteur. Les courants, alternatifs monophasés, nécessaires à son fonctionnement, sont émis par un commutateur inverseur, commandé par le distributeur en relation avec le traducteur. De la concordance qui s'établit entre les phases électriques et magnétiques, résulte le mouvement moteur actionnant le traducteur ainsi que le synchronisme entre les deux appareils.

On peut ainsi modifier à volonté la vitesse du distributeur ; celle des traducteurs suit fidèlement ces modifications sans aucune intervention de la part de l'opérateur.

543.001. — Lampe génératrice d'oscillations, remplie de gaz, et son procédé de fabrication. — Société : N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken. — Pays-Bas.

L'ampoule est remplie exclusivement d'argon pur à basse pression. Grâce à un chauffage préalable, les pièces métalliques sont purgées des gaz qu'elles ont absorbés.

Une lampe ainsi remplie d'argon, pur d'une pression maximum de 1/10 mm de mercure, fonctionne avec uniformité, de sorte qu'au bout d'un service d'environ mille heures, les propriétés sont encore les mêmes qu'au com-

---

(1) Les descriptions (notices et dessins) relatives aux brevets sont en vente à l'Imprimerie Nationale, 87, rue Vieille-du-Temple, Paris (IIIe).

mencement. Une telle lampe travaille à une tension d'anode de 24-30 V alors que, dans les lampes à vide élevé en usage jusqu'à présent, la tension à l'anode est d'environ 35-100 V.

543.204. — Télédactylographe. — Société française Radio-électrique. — France.

543.211. — Relais amortissant les oscillations libres des résonateurs et développant les oscillations forcées. — Société française Radio-électrique. — France.

543.231. — Perfectionnements apportés aux systèmes téléphoniques automatiques et semi-automatiques. — Société : Automatic Electric Company. — États-Unis d'Amérique.

543.665. — Perfectionnements aux systèmes de transmission pour télégraphie sans fil. — Société : The Poulsen Wireless Telegraph Company. — Angleterre.

543.682. — Dispositif lumineux permettant de connaître si une cabine téléphonique automatique est libre ou occupée. — M. Édouard Boulet. — France.

543.549. — Nouveaux systèmes de commutateurs chercheurs et sélecteurs. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

543.550. — Systèmes téléphoniques à centraux multiples. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

543.571. — Installation de cabines téléphoniques. — M. Victor Tobler. — Suisse.

543.646. — Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

543.758. — Système téléphonique distributeur pour lignes d'ordres. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

543.871. — Perfectionnements dans les systèmes de signalisation. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

543.966. — Dispositif simple de réception à une lampe (télégraphie sans fil). — M. Marius Boiteux. — France.

544.081. — Téléphone électrostatique. — MM. Joseph Massolle, Hans Vogt et Josef Engl. — Allemagne.

544.152. — Perfectionnements au système et aux appareils pour le comptage et le paiement des communications dans les sous-stations téléphoniques. — M. Eric Noble. — Australie.

544.172. — Perfectionnements aux lignes téléphoniques aériennes. — Société d'Études pour liaisons téléphoniques et télégraphiques à longue distance. — France.

544.267. — Perfectionnements dans les installations de transmission d'ordres, notamment pour les industries à groupes de machines conjuguées. — M. Camille Henri Fuchs. — Etats-Unis d'Amérique.

544.294. — Perfectionnements au montage des postes téléphoniques. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

544.322. — Dispositif de réglage pour poste d'émission d'ondes hertziennes entretenues à tube à vide à 3 électrodes. — M. Ernest Arduin. — France.

Dans les postes d'émission d'ondes entretenues comportant un tube à 3 électrodes, le circuit antenne-terre est couplé simultanément avec le circuit filament-plaque et avec le circuit filament-grille. Avec les montages actuellement connus, toute variation de l'un des couplages influe d'une façon sensible sur l'autre, de sorte que le réglage complet ne peut se faire que par retouches successives des deux couplages et qu'il est à peu près impossible d'obtenir pour le couplage antenne-grille, qui doit être précis, la valeur optima.

L'invention consiste en un montage dans lequel les variations de l'un des couplages sont pratiquement sans influence sur l'autre. Un mode d'exécution peut être réalisé en excitant la grille par le secondaire d'un transformateur pour haute fréquence, dont le primaire est intercalé dans le circuit antenne-terre et le secondaire dans le circuit filament-grille, et que l'on règle soit en faisant varier le nombre de spires de l'un des enroulements, soit en shuntant l'un de ces enroulements par une self variable ; les valeurs de la self primaire et de la self de shuntage sont choisies de façon à être négligeables devant celle de la self de couplage de l'antenne au circuit-filament plaque, de sorte que leurs variations n'ont pratiquement pas d'influence sur ce dernier couplage.

544.430. — Procédé pour la mesure des conversations accessoires. — Société : Felten et Guilleaume Carlswerk Aktiengesellschaft. — Allemagne.

544.611. — Générateur d'oscillations électriques. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

544.670. — Perfectionnements apportés aux dispositifs pour mesurer l'intensité des mélanges de conversations par induction dans les systèmes de lignes multiples, notamment dans les câbles téléphoniques à grande distance à nombreuses paires. — M. François Breisig. — Allemagne.

544.671. — Système de réglage pour tout type de récepteur, téléphonie, télégraphie sans fil, haut-parleur, etc... — M. Henri Thouvenin. — France.

544.674. — Perfectionnements aux dispositifs d'appel actionnés par les signaux de télégraphie sans fil. — Société : Marconi's Wireless Telegraph Company. — Angleterre.

544.729. — Perfectionnements aux amplificateurs. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

544.785. — Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

544.789. — Perfectionnements aux systèmes téléphoniques de grande capacité. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

544.854. — Fabrication d'un bi-métal à haute résistance et à grande conductibilité. — Compagnie des forges et aciéries de la marine et d'Homécourt. — France.

544.919. — Système de mise en communication téléphonique par distributeur automatique de trafic. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

545.108. — Perfectionnements aux téléphones automatiques. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

545.112. — Système de téléphonie d'intérieur par ondes électriques. — Société : Dr. Erich F. Huth G. m. b. H. — Allemagne.

545.131. — Disposition d'antenne ou de couplage pour influencer des conducteurs, notamment des conducteurs à haute tension. — Société : Dr. Erich F. Huth G. m. b. H. — Allemagne.

545.181. — Système émetteur et récepteur pour T. S. F. — M. Walter Dornig. — Allemagne.

545.218. — Dispositif d'installation de poste téléphonique avec lampe et tableau de publicité. — M. Maurice Thévenin. — France.

545.352. — Perfectionnements aux multiples téléphoniques à batterie centrale. — Société des téléphones Mildé. — France.

545.782. — Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automa-

tiques. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

545.783. — Perfectionnements aux dispositifs d'appel à cadran. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

545.894. — Perfectionnements apportés aux bureaux centraux téléphoniques. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

546.001. — Procédé pour éliminer ou diminuer l'effet des décharges atmosphériques dans la réception par télégraphie et téléphonie sans fil. — M. Ettore Bellini. — France.

546.002. — Procédé pour diminuer l'effet des décharges atmosphériques dans la réception par télégraphie et téléphonie sans fil. — M. Ettore Belleni. — France.

546.020. — Perfectionnements aux appareils récepteurs de signaux. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

546.021. — Systèmes pour produire des oscillations électriques. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

Le Gérant,
Léon EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS.

12e ANNÉE. — N° 4. AVRIL 1923. PRIX : 2 fr. 50.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE,
3 RUE THÉNARD, PARIS Ve

Prix de l'Abonnement annuel : France .... 24 francs ; Etranger .... 27 francs.

COMMISSION DES ANNALES
DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une Commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes.*

Cette Commission se réunit à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VII[e].

Membres de la Commission :

NOTA : La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

COMMENT RECEVOIR LES ÉMISSIONS RADIOTÉLÉPHONIQUES

DU POSTE

de l'École supérieure des Postes et Télégraphes.

(*longueur d'onde : 450 mètres*)

Il ne sera fait mention, au cours de ces lignes, que des meilleurs schémas de montage permettant de recevoir à Paris — cas le plus aisé — et surtout en province, la station de téléphonie sans fil de l'École Supérieure des Postes et Télégraphes. Ces indications ont été vérifiées expérimentalement. Les schémas utilisant des lampes ne sont pas à conseiller aux débutants. Le mieux, pour ces derniers, sera de demander aide et conseils à un amateur familiarisé avec les réceptions à lampes.

En faisant usage de ces divers montages, il a été possible d'entendre d'une façon suivie la radiotéléphonie de la station dans toute la France, en Écosse, en Hollande, en Suisse, et cela sans avoir recours à de nombreux et coûteux étages amplificateurs.

*
* *

La réception de l'onde de 450 mètres, qui peut déjà se classer parmi les petites ondes, sa fréquence étant de 666.700 périodes par seconde, est assez délicate. Elle exige les plus grands soins lors des montages, tout devant être minutieusement disposé et préparé pour obtenir les meilleurs résultats.

Le plus gros écueil expérimental provient des capacités parasites existant soit dans les lampes, soit dans les conducteurs. Ensuite, les pertes d'énergie dans le chemin parcouru par les courants de haute fréquence, puis la difficulté de la réalisation de l'accord, et enfin, la presque impossibilité d'amplifier ces

courants avant détection — au delà de deux à trois étages — sont les principaux déboires qui attendent l'amateur désirant recevoir ces petites ondes.

Pour étudier ces divers montages, le mieux est de les réaliser sur une simple planche en reproduisant le plus possible le schéma de principe et en veillant à la disposition des inductances les unes par rapport aux autres.

*
* *

Rôle des capacités parasites.

Lorsqu'un condensateur C est branché aux bornes d'un circuit parcouru par du courant alternatif de pulsation ω, ce condensateur est traversé par un courant i dont l'intensité est limitée par la réactance de la capacité. Celle-ci constitue une dérivation d'un genre spécial pour le courant alternatif; elle est définie par l'expression $-\frac{1}{C\omega}$ où C est la valeur de la capacité, ω la pulsation du courant, qui, nous le savons, est liée à la fréquence f par la relation $\omega = 2\pi \times f$. Par suite, l'on voit qu'aux fréquences industrielles ou très basses fréquences, celles de 50 périodes par seconde par exemple, $\omega = 2\pi \times f, = 6{,}28 \times 50 = 314$: la réactance est grande, et elle est alors de l'ordre de plusieurs milliers d'ohms. Mais, pour une fréquence de 666.700 périodes par seconde, ce qui correspond à une longueur d'onde de 450 mètres, la pulsation est alors de 4.186.876 : dans ce cas, la réactance est très petite, elle ne sera égale qu'à quelques ohms même si C est très petit. Pour ces hautes fréquences, qui sont d'autant plus élevées que la longueur d'onde est plus petite, le chemin de dérivation dû à ces capacités, prend de telles importances qu'il est essentiel de les proscrire des montages.

A ces fréquences élevées, les pertes dans les isolants prennent également des valeurs considérables. Signalons pour ceux qui désirent approfondir ce point, les travaux de M. R. Mesny publiés dans l'*Onde Electrique* (1).

(1) L'*Onde Électrique*, n° 3 et 4, 1922 : Étude sur les résistances à Haute Fréquence.

Pour de telles fréquences, le courant électrique sinusoïdal ne pénètre pas dans le métal des conducteurs : il circule en intéressant une très mince pellicule du conducteur : c'est le phénomène de *l'effet de peau* signalé et étudié par Lord Kelvin le premier. Par suite, afin de ne pas avoir des résistances en haute fréquence élevées, il faut offrir au courant un chemin de grande surface, c'est-à-dire avoir un grand développement superficiel. Ceci ne doit pas être exagéré car les pertes par courants de Foucault deviendraient plus grandes que l'accroissement de résistance à combattre. Le mieux est d'avoir recours à des conducteurs constitués par des fils isolés et câblés sous une enveloppe, appelés dans le commerce : fil divisé à brins isolés.

Enfin les recommandations suivantes devront être observées le plus possible. Il faudra bien se garder de réaliser des coudes brusques dans les conducteurs ; ceci flatte l'œil, mais ces coudes créent des selfs importantes qui sont de véritables robinets aux trois quarts fermés pour le courant de H. F. L'isolement par rapport au sol est à soigner, il faut employer de l'ébonite ou du caoutchouc épais.

L'acuité de résonance exige une manœuvre fort lente des capacités et des inductances à coupler. Pour soustraire les appareils à l'influence du corps de l'opérateur, il faut munir *à demeure* les organes de commande de tiges non conductrices assez longues. Un procédé plus délicat consiste à enfermer tout l'appareil en cage métallique mise à la terre ; ce procédé, qui donne d'exellents résultats, accroît les pertes du circuit.

L'amplificateur à résistances est peu sensible aux petites ondes, il n'est pas à conseiller malgré sa simplicité. Si l'on accroît le nombre d'étages amplificateurs à H. F. — au delà de deux ou trois étages — l'appareil présente une tendance marquée aux accrochages spontanés.

Lorsque l'appareil a été minutieusement construit et réglé, un autre ennemi se révèle alors, c'est le « Fading Effect ». Au cours d'une réception excellente, la voix diminue lentement et s'éloigne peu à peu jusqu'à disparaître. Au bout de quelque temps — de quelques secondes à plusieurs minutes — la voix revient, d'abord

très lointaine pour revenir petit à petit à sa première intensité. Ce « Fading Effect » mériterait de faire l'objet d'une étude sur cadre radiogoniométrique : il semble être dû à une déviation du champ électromagnétique, analogue à celle qui est observée sur les grandes ondes, mais beaucoup plus accentuée.

L'antenne.

N'importe quel type d'antenne bien isolée convient, à condition toutefois de ne pas dépasser 50 mètres environ de longueur. Celle qui paraît devoir donner les meilleurs résultats est connue sous le nom d'antenne en cage ou antenne prismatique. Afin d'éviter les variations de longueur d'onde au cours de la réception, il est bon d'immobiliser l'antenne le plus possible. En effet, le vent a tendance à faire balancer la nappe de fils qui constitue l'antenne, par suite, la capacité par rapport au sol varie, entraînant de ce fait, le changement de la longueur d'onde.

Le cadre.

De fort bonnes réceptions ont été obtenues à plusieurs centaines de kilomètres en employant des cadres. Le meilleur cadre serait celui qui aurait les plus petites résistances ohmique et en H. F. L'effet de peau peut être combattu par l'emploi de rubans de cuivre rouge ou par des conducteurs à brins isolés, mais l'accroissement de résistance en fonction de la fréquence reste toujours le plus grand et conduit à la nécessité de prendre d'autres précautions. En effet, l'expérience montre que la résistance d'un cadre croît avec la fréquence d'abord lentement, puis très vite dès que l'on s'approche de la fréquence propre du cadre, c'est-à-dire de la fréquence des oscillations qui peuvent prendre naissance dans le cadre non relié à sa capacité d'accord. Pour sa longueur d'onde propre, cette résistance tend vers l'infini, aussi l'on ne devra pas, sur un cadre possédant, par exemple, une longueur d'onde propre de 100 mètres, recevoir une émission égale ou inférieure à 300 mètres.

Il est recommandé de diminuer la capacité propre en éloignant les spires les unes des autres, de bien isoler le cadre. De bons résultats sont obtenus en employant des cadres carrés ou hexagonaux de 1 m. 20 de côté, portant 5 spires espacées de 5 à 7 centimètres.

*
* *

La prise de terre.

Dans les villes, une bonne terre est constituée par la canalisation d'eau ; à la campagne il suffira d'enfouir assez profondément des feuilles de zinc, même de fer lorsqu'il sera impossible de se procurer le premier métal, pour réaliser une assez bonne terre. La meilleure terre devrait constituer l'image électrique de l'antenne.

Quand la terre est trop difficile à réaliser (sol rocheux par exemple), le mieux est d'avoir recours à un contrepoids. Pour qu'il soit efficace, il faut qu'il intercepte toutes les lignes de force issues de l'antenne. Par suite, il faut placer sous l'antenne à une hauteur de 3 à 4 mètres, un réseau de conducteurs isolés du sol, les fils de ce contrepoids étant assez rapprochés, ce qui constitue une dépense appréciable.

Réception à galène.

1° *Emploi d'une antenne.* — L'on cherche l'accord en faisant glisser le curseur de la bobine d'accord ou self (fig. 1), ce qui est très simple. Une meilleure syntonie est obtenue par un montage auto-transformateur (fig. 2) appelé aussi montage Oudin. Il comprend une bobine à deux curseurs, l'un d'eux reçoit le courant provenant de l'antenne, l'autre est connecté au détecteur. On augmente la syntonie en branchant un condensateur variable entre ce curseur et la connexion de terre.

Une meilleure réception est réalisée en employant un montage par induction ou Tesla. Il se compose (fig. 3) d'un primaire réglable branché dans le circuit antenne-terre. Par induction, ce

primaire induit un courant alternatif de même fréquence dans le secondaire qui constitue le circuit oscillant, lequel peut être

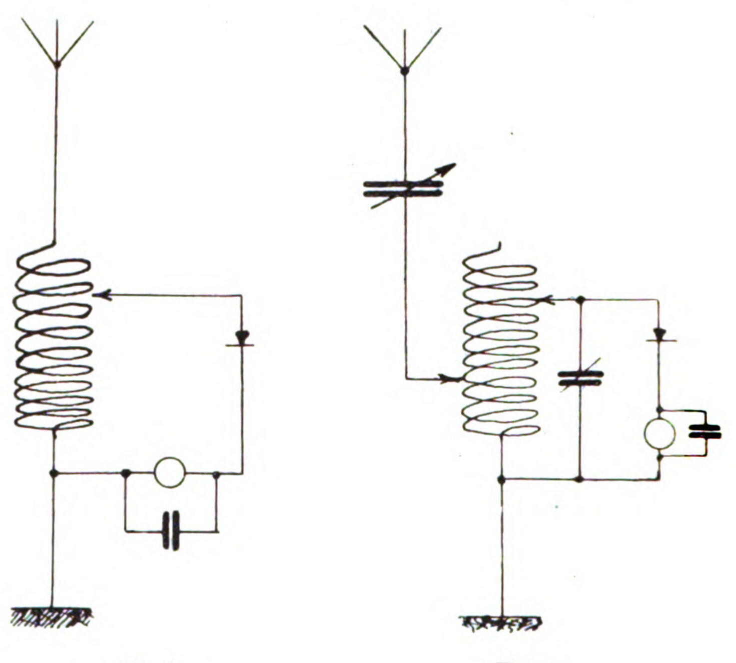


Fig. 1. Fig. 2.

accordé par variation de la self et de la capacité. La syntonie est poussée au plus haut degré grâce à l'accouplement variable du primaire et du secondaire.

Lorsque la longueur d'onde de l'antenne est très voisine de celle à recevoir, il est bon de brancher sur l'antenne un condensateur variable : il aura pour effet de réduire la longueur d'onde de l'antenne.

Par ces dispositifs connus de tous, il a été possible de recevoir sans amplificateur la station à 350 km. de Paris, sur une antenne de 42 m. placée à 10 m. du sol, la terre étant constituée par les conduites d'eau et de chauffage central. Plus tard quelques feuilles de métal, enfouies dans le sol du jardin ont amélioré la réception, par suite de l'abaissement de la résistance de terre.

2° *Emploi d'un cadre.* — Il est indispensable d'orienter le

cadre par rapport à l'émission à recevoir. Le plan du cadre doit être dans le plan méridien de la station, le champ magnétique

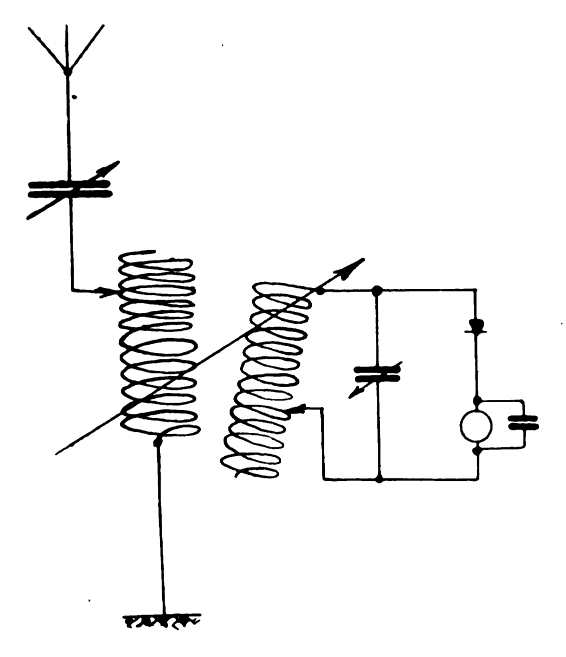


Fig. 3

coupé est alors maximum, une f.é.m prend naissance dans le bobinage et y engendre un courant.

Il convient d'accorder le cadre en manœuvrant la capacité d'accord jusqu'à ce que l'on obtienne la résonance, ce qui se traduit par le son maximum dans le téléphone (fig. 4). Un cadre carré ou hexagonal de 1 m. 20 de côté portant cinq spires espacées de 5 centimètres et connecté à une capacité de 0,75/1.000 de mfd donne une excellente réception. Dans Paris, un cadre carré de 80 cm. portant 5 spires espacées de 3 à 5 cm. et une capacité de 1,75/1.000 de mfd donne une très bonne audition sur cristal.

3° *Réception sans antenne.* — Cette réception n'est possible qu'à Paris ou en banlieue. Il suffit de brancher un détecteur et un téléphone entre une canalisation d'eau et de gaz lorsque ces conduites sont quelque peu éloignées l'une de l'autre.

L'emploi du réseau de distribution électrique consiste à prendre un des fils du secteur comme antenne, mais en ayant soin de

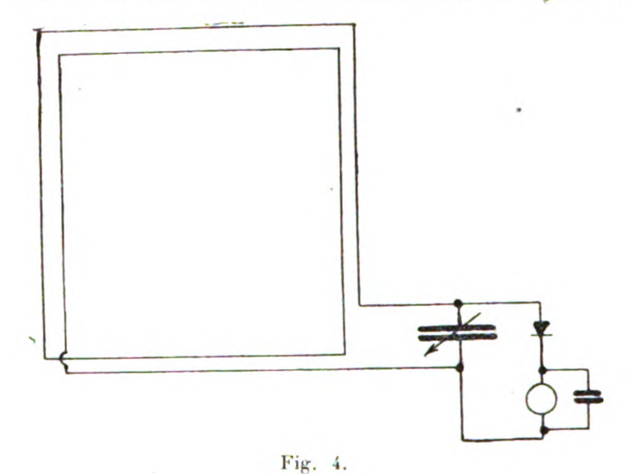


Fig. 4.

placer un condensateur d'arrêt (capacité variable bien isolée afin d'éviter la mise à la terre du réseau). Pour faire disparaître toute friture due au passage du courant industriel, il suffit de brancher

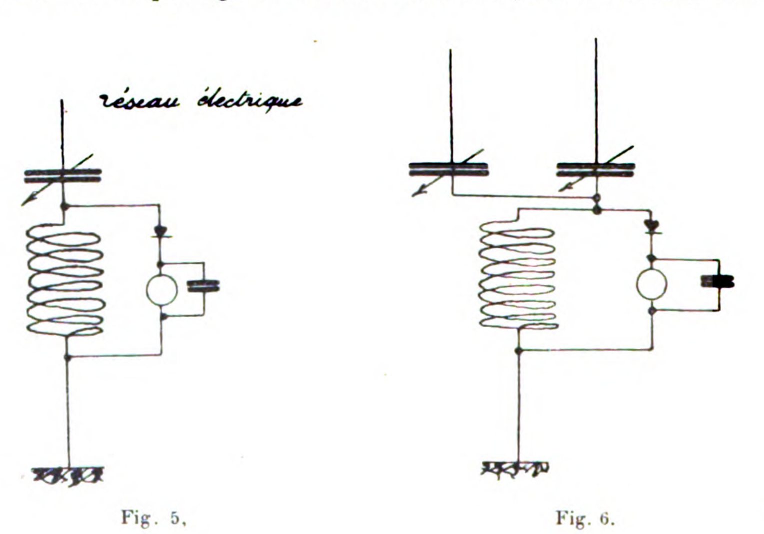


Fig. 5, Fig. 6.

une self de 1,4 millihenry entre la sortie de cette capacité et la terre (fig. 5).

L'impédance de cette inductance est tellement grande pour les courants de H.F. qu'ils seront dirigés sur le détecteur. Le courant du secteur, par contre, passera sans peine par la self. Cette self peut être réalisée en bobinant sur un tube de carton de 10 cm. de diamètre, du fil de 5/10 sous soie sur une longueur de 88 mm.

Les deux fils du réseau de lumière peuvent être employés (fig. 6) ; l'expérience seule indique la meilleure disposition qui diffère d'un lieu à un autre.

*
* *

Réception utilisant des lampes.

Montage utilisant une lampe détectrice à réaction (fig. 7). — Ce montage comprend une self d'antenne couplée à la self de

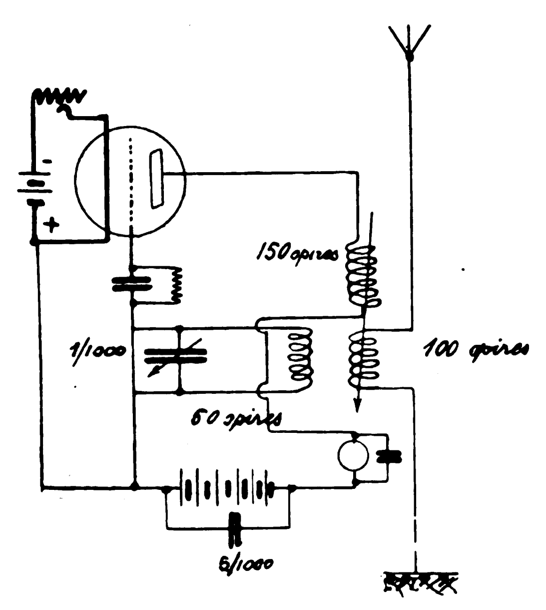


Fig. 7.

grille. Une troisième self, dite de réaction, est branchée dans le circuit de plaque. L'accrochage des oscillations a lieu pour un

sens convenable du bobinage. On provoque l'entretien des oscillations en couplant d'une manière très serrée les trois selfs : l'appareil hurle ; à ce moment. l'on découple lentement la self de grille jusqu'à ce que la parole soit distincte. On opère de même sur la self du circuit de plaque, ce qui augmente la netteté de la voix, mais il faut se garder de trop découpler car le système décrocherait et l'amplification résultante serait très faible. Le réglage du chauffage du filament améliore la qualité de la téléphonie, mais elle perd un peu de son volume.

Les selfs employées sont du type « nids d'abeilles » ayant respectivement 100 spires pour la self d'antenne, 50 pour celle de grille et 150 pour la réaction. Une capacité de 0,04/1.000 shuntée par une résistance de 4 mégohms mise en série dans la connexion de grille, assure la détection des oscillations. A Paris, sur antenne intérieure de 2 m., la musique et la parole sont entendues à plus de 20 cm. du téléphone. Sur antenne extérieure de 10 m. ce montage assure le fonctionnement d'un haut parleur (réception à Dijon).

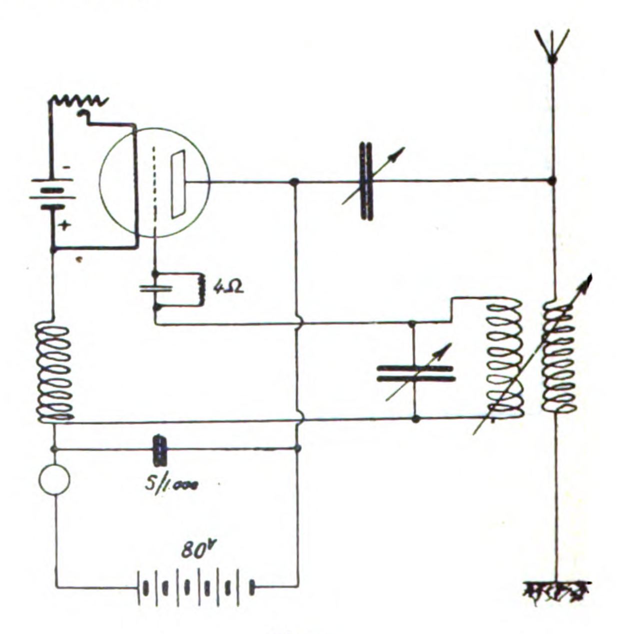


Fig. 8.

La figure 8 montre un deuxième montage à réaction utilisant le couplage de l'antenne et du circuit filament-plaque par capacité. De très bons résultats ont été obtenus par ce procédé.

Un schéma peu différent, dû à un amateur grenoblois, est donné figure 9. Il comprend une lampe H. F. à réaction suivie d'une lampe B.F. Le circuit de plaque de la première lampe est accordé, la détection est obtenue par un cristal mis en série dans le primaire du transformateur de liaison, la deuxième lampe étant un étage B.F. Cet amateur utilise une antenne unifilaire de 10 m. placée à 5 m. du sol ; l'émission radiotéléphonique est reçue à 50 cm. du téléphone.

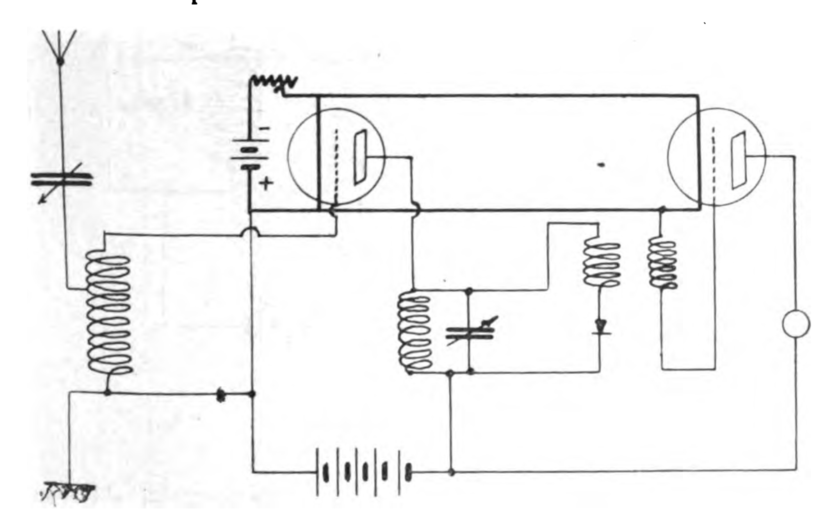


Fig. 9.

A Marseille, un montage analogue est employé sur antenne de 35 m. ayant un condensateur de 0,25/1.000 de mfd en série dans le pied de l'antenne. La seule particularité du montage est la mise à la terre du point commun, ce qui paraît devoir augmenter considérablement l'intensité de la réception grâce au meilleur équilibre des circuits. Le schéma indiqué sur la figure 10 donne une audition excellente au casque.

La figure 11 montre une autre disposition employée par cet amateur. La première lampe agit en H.F. (circuit de plaque accordé

et couplé électromagnétiquement à la grille afin d'obtenir l'accrochage et par suite l'amplification maxima lorsque l'on se tient très près des limites de l'entretien des oscillations) ; la deuxième

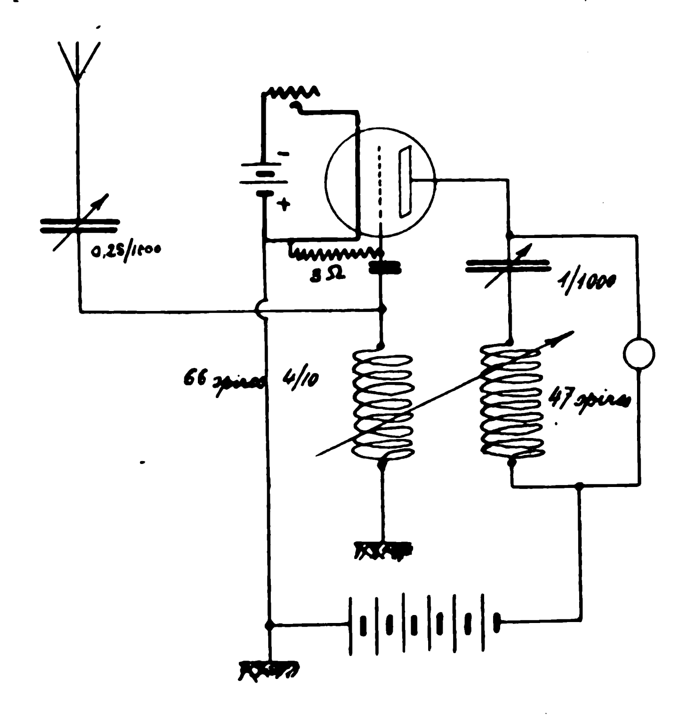


Fig. 10.

lampe détecte. La réception en haut parleur — si chère au public — est très aisément obtenue sans l'emploi d'étages amplificateurs en B.F. Ajoutons que cet amateur, tout comme celui de Grenoble, écoute les concerts anglais en faisant usage de ce montage ; il a même été possible d'entendre des bribes de musique américaine, transmise sur 200 mètres lors des essais transatlantiques de décembre dernier.

D'autres dispositifs amplificateurs à HF sont également usités, mais ils sont très délicats à réaliser et exigent un important outillage. Tels sont les montages à transformateurs accordés ou non, à bobines de choc, à selfs variables par variation du noyau de fer ; ce dernier montage se trouve dans le commerce. Si parfois

l'on est arrivé à construire des amplificateurs à multiples étages (celui de J. H. Round comportait 22 étages et fut utilisé pour surprendre les communications échangées par les navires allemands mouillés en rade de Kiel), la plupart des montages ne peuvent dépasser trois étages et encore, ils ont une tendance très accentuée aux sifflements.

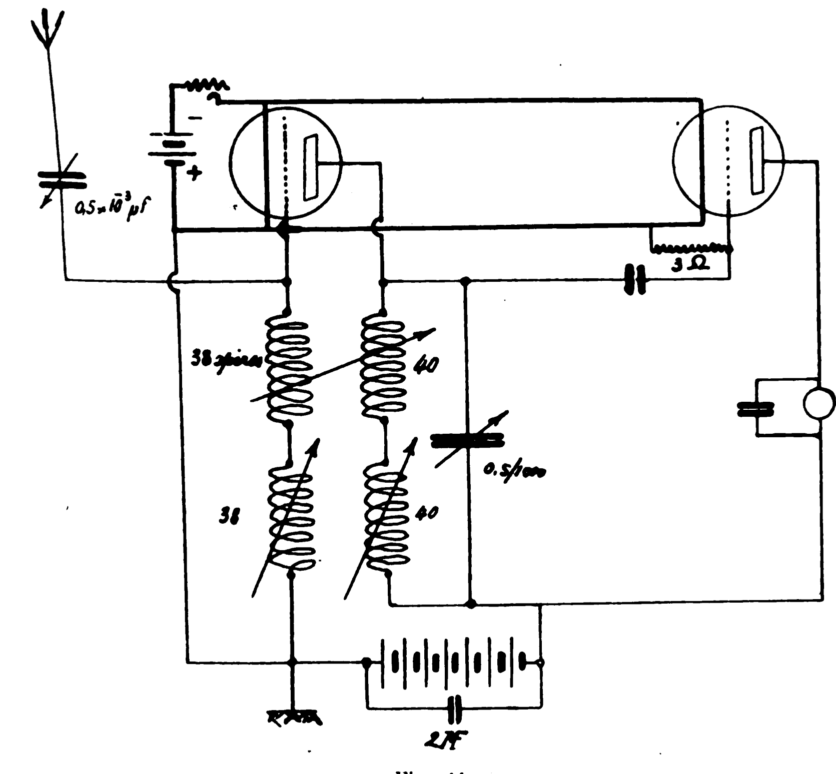


Fig. 11.

Il arrive parfois que par suite de la disposition des lieux il est possible d'installer une grande autenne. La réception des grandes longueurs d'ondes est alors facile, mais il n'en est plus de même pour recevoir les petites ondes. Aussi, un amateur américain, John Reinartz, a eu l'ingéniosité de rendre cette grande antenne apériodique de façon qu'on puisse l'utiliser pour la réception des petites ondes.

Ce dispositif présente les particularités suivantes (fig. 12) (1) : « l'entretien est facile sur une grande gamme de longueurs « d'ondes, il n'est pas nécessaire d'accorder, pour chaque lon- « gueur d'onde à recevoir, ni l'antenne, ni le couplage avec l'an-

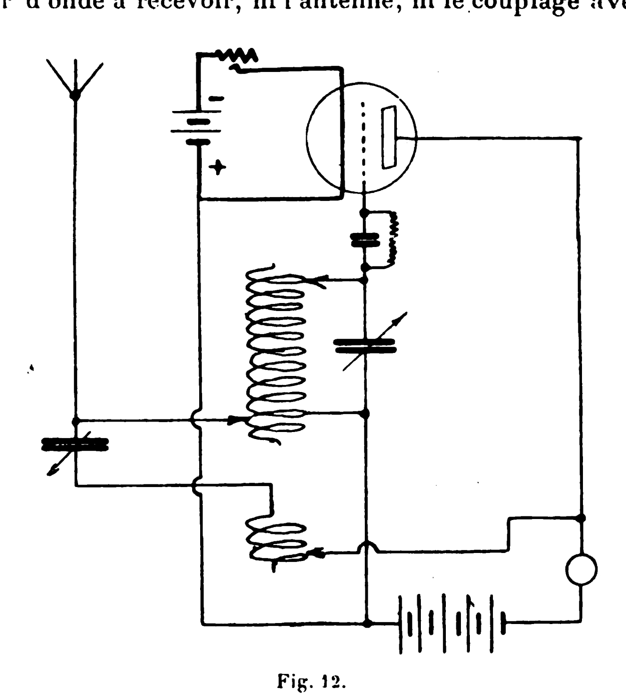


Fig. 12.

« tenne ; la seule manœuvre est de provoquer ou non l'amorçage « des oscillations par la manœuvre du condensateur et de la « self de réaction et d'accorder le circuit grille. La réception est « très pure, peu gênée par les parasites, mais souvent un peu « faible ».

L'on doit à M. Mesny un excellent montage convenant surtout aux courtes ondes (fig. 13) (2). « Le système se compose de deux « lampes dont les plaques et les grilles sont réunies par des « selfs couplées entre elles. Sur les selfs-grilles un condensateur « variable est monté en parallèle. L'antenne est connectée à la

(1) M. Clavier, « Les Ondes Courtes », page 30.
(2) M. Clavier, « Les Ondes Courtes », page 32,

« grille de l'une des lampes, la terre à l'autre lampe à travers un « condensateur variable. Le milieu de la self-grille est réunie à « la source de chauffage, celui de la self-plaque également, à « travers la batterie haute tension. En faisant varier le chauffage, « on peut provoquer des oscillations dans le système ou les « éteindre à volonté. Un amplificateur du type 3[ter] est connecté « à ce dispositif ».

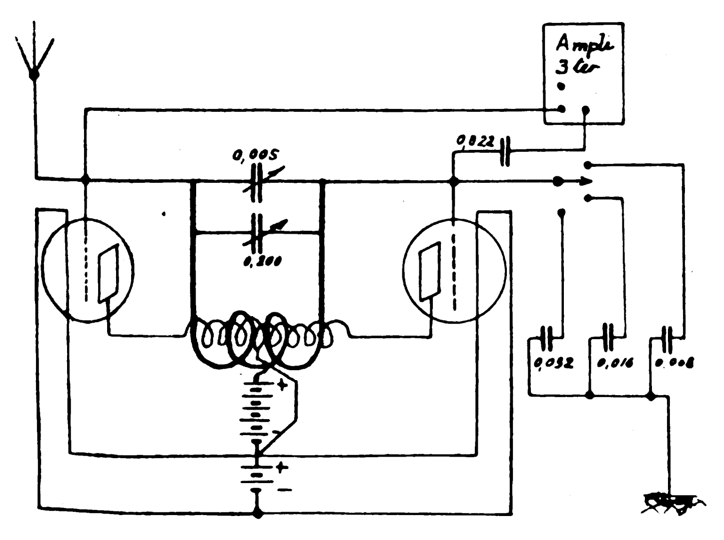


Fig. 13.

Lors des essais transatlantiques de 1921, M. P. F. Godley a utilisé en Écosse le montage connu sous le nom de super hétérodyne dû à M. Lévy en France et à M. Armstrong aux États-Unis qui l'ont fait breveter à la même époque. Ce dispositif consiste à changer la fréquence des ondes reçues au moyen d'un hétérodyne réglé de manière à ne pas donner de battements audibles de telle façon que son interférence avec l'onde reçue par l'antenne, donne une fréquence résultante pouvant être amplifiée au moyen des appareils existants pour les ondes moyennes ; la réception des ondes entretenues est obtenue grâce à l'emploi d'un deuxième hétérodyne. C'est actuellement le dispositif le plus sensible. Il a été employé lors des essais transatlantiques de 1922 par de nombreux amateurs avec un très grand succès.

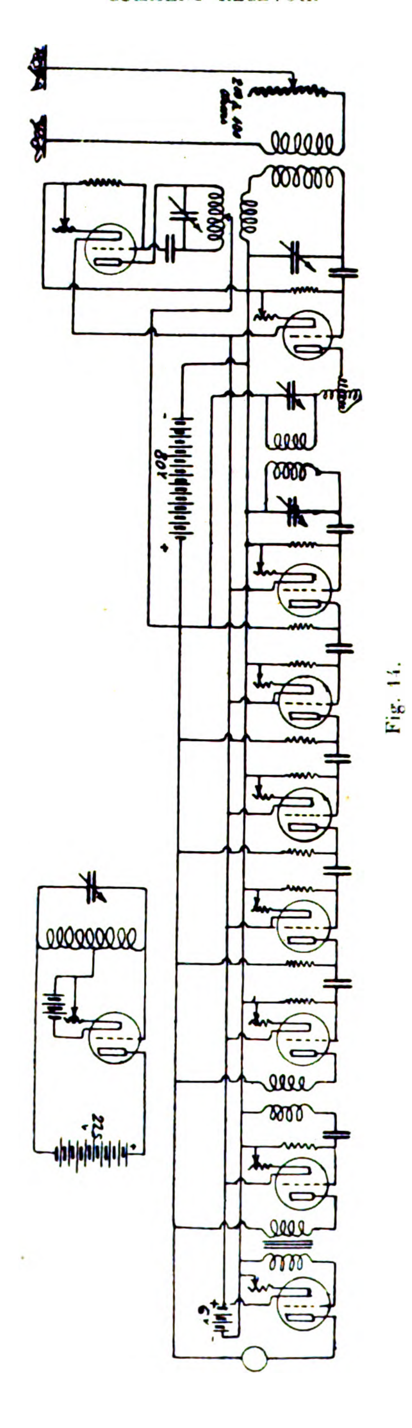


Fig. 14.

La figure 14 montre le détail du montage employé en 1921 par M. Godley. En l'espèce, il s'agissait de recevoir la longueur d'onde de 200 m., soit une fréquence de 1.500.000 périodes par seconde, émise par les stations des amateurs américains. L'hétérodyne était réglé sur 214 m., soit 1.400.000 périodes par seconde. Les battements inaudibles étaient de 100.000, correspondant à 3.000 m. de longueur d'onde. Un amplificateur à résistances H. F. suivi de deux étages B. F. était employé. La particularité intéressante de ce poste récepteur résidait dans l'emploi d'une antenne Beverage ; un prochain article la décrira.

*
* *

Réception sur cadre.

Ici la difficulté est beaucoup plus grande par suite de la capacité existant dans le bobinage et des petites puissances mises en jeu dans les antennes émettrices.

Néanmoins il a été possible de recevoir des postes anglais de 10 watts-antenne sur cadre intérieur dans la région de Paris et dans le Nord-Est de la France. La figure 15 illustre le schéma utilisé (1). « Le cadre est formé d'une seule spire de 4 m. sur 2 m. 50. La self S comprend une réaction grille constituée par deux cadres à couplage variable par rotation sur axe commun et la self S_1 sert à accorder le secondaire.

Signalons la bonne réception de divers postes d'amateurs anglais dont ceux de 10 watts-antenne, obtenue en août dernier sur cadre intérieur de 2 m. de côté comportant 10 spires espacées de 7 cm. Le dispositif amplificateur était à circuit de plaque accordé en série avec une self indépendante variable. Le couplage à l'étage suivant étant obtenu par capacité, la syntonie était extrême ; une description complète de ce procédé de réception sera donnée ultérieurement.

(1) La *T. S. F. Moderne*, décembre 1922.

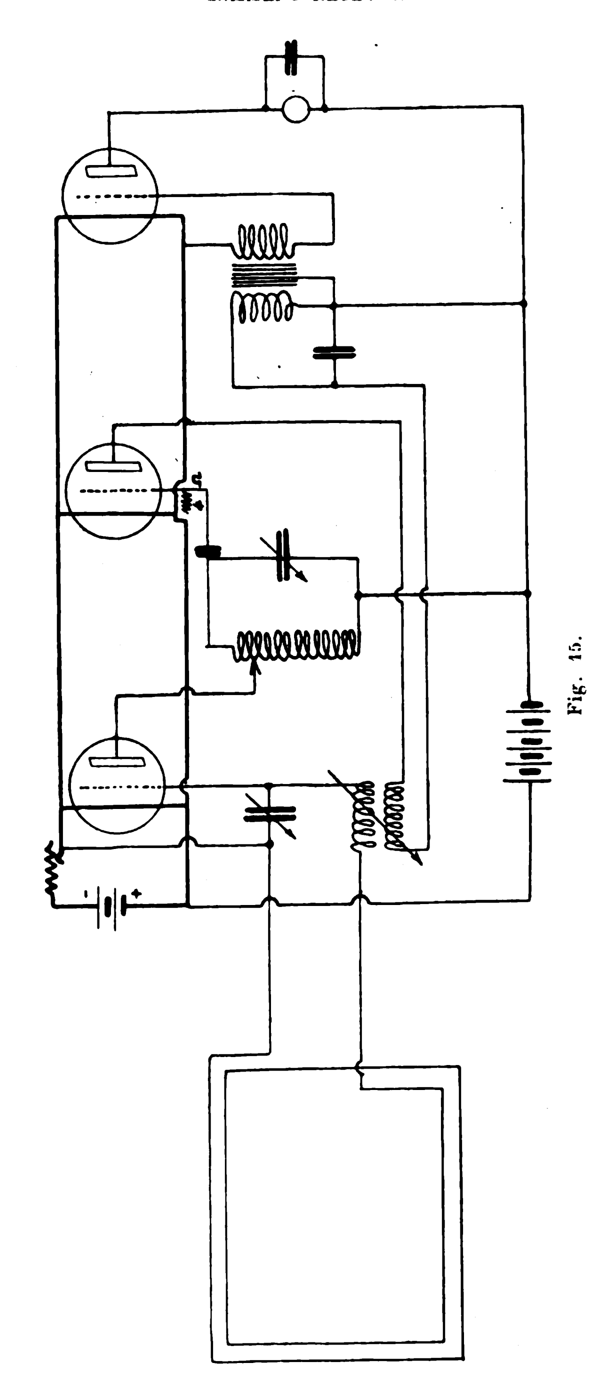


Fig. 15.

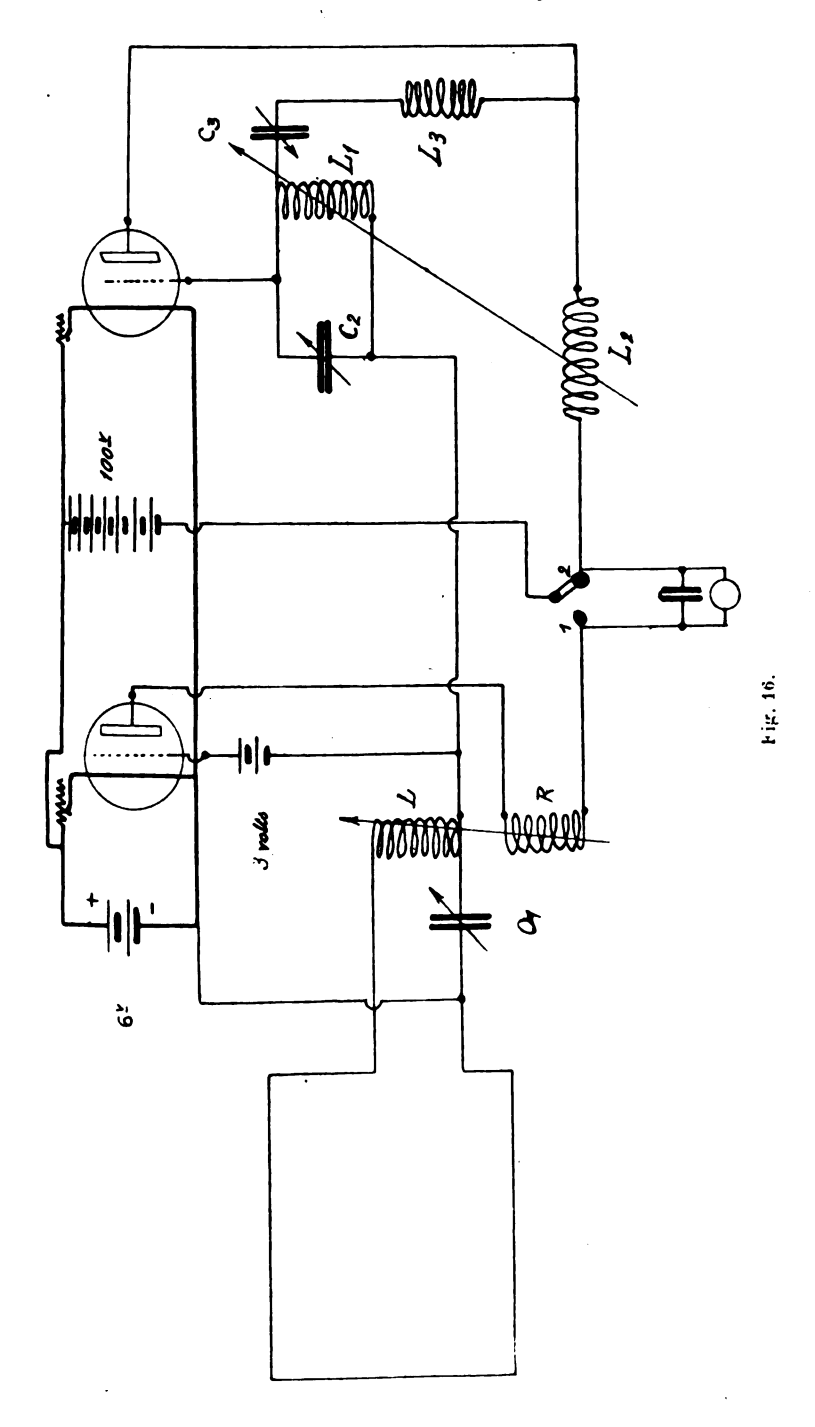


Fig. 16.

*
* *

Super-régénérateur Armstrong.

Enfin, pour terminer cette revue des dispositifs utilisés pour la réception des petites ondes et en particulier pour celle de 450 m., signalons le montage Armstrong utilisé à Provins sur cadre carré de 1 m. portant 6 spires distantes de 15 à 20 mm., (fig. 16). Un peu modifié par l'amateur qui l'a construit de toutes pièces, il comprend :

a) Pour la lampe réceptrice couplée au cadre : la self L réalisant le couplage du cadre à la grille. C'est un bobinage du type en fond de panier de 40 spires (diamètre intérieur du bobinage : 50 mm., diamètre extérieur : 90 sur 7 secteurs). La self R, destinée à effectuer la réaction, est du même type mais elle porte 60 spires, le diamètre extérieur étant de 95 mm.

b) Pour la lampe oscillatrice : le circuit oscillant sur la grille de cette lampe comprend la self L_1 constituée par une galette de 1.500 spires qui est couplée à la self L_2 de 1.700 spires. Le condensateur C_2 est de 2/1000 de mfd ; la self L_3 porte 340 spires.

Le réglage du super régénérateur est *extrêmement délicat*, il faut coupler très lentement la self L à la self R ; aussi pour faciliter le réglage un commutateur permet de passer sur attente ou sur syntonie, ce qui correspond aux positions 2 et 1. La détection est obtenue en rendant la grille de la première lampe légèrement négative par rapport au filament au moyen d'une pile.

Ce montage rend, sans la moindre déformation, la parole audible à plus de 6 m. des écouteurs.

UNE CONFÉRENCE DE MARCONI

SUR

LES ONDES TRÈS COURTES EN RADIOTÉLÉGRAPHIE (1)

Nous sommes encore loin de savoir comment s'effectue la transmission, ou mieux la propagation des ondes hertziennes à travers l'espace, surtout aux grandes distances.

Mon intention est de vous entretenir ce soir de quelques résultats obtenus récemment, en Europe et ailleurs, et d'appeler votre attention plus particulièrement sur ce que j'appellerai une branche négligée de la science radiotélégraphique. Il s'agit de l'étude des caractéristiques et des propriétés des ondes électriques très courtes. Je continue à penser que seules une étude minutieuse et une analyse approfondie du plus grand nombre possible de faits et de résultats reconnus authentiques permettront de triompher des difficultés qui s'opposent à l'application réelle de la T.S.F., dans le sens le plus large du mot.

La télégraphie et la téléphonie sans fil ont reçu une grande impulsion grâce à la découverte et à l'emploi de plus en plus fréquent de la lampe à trois électrodes (ou tube à décharge électronique oscillante), qui est basée sur les observations et découvertes d'Edison et de Fleming, de De Forest, de Meissner en Allemagne, de Langmuir et Armstrong en Amérique et de H. W. Round en Angleterre, qui ont donné une forme pratique à ce générateur parfait d'ondes entretenues.

Du fait que le tube à vide (la « valve », comme on l'appelle généralement en Angleterre) est capable non seulement d'agir comme détecteur mais encore d'engendrer des oscillations, nous

(1) Conférence donnée le 20 juin 1922 devant la Section new-yorkaise de l'A.I.E.E. et l'Institute of Radio Engineers.



avons en cet appareil un dispositif utilisable aussi bien à la transmission qu'à la réception des ondes hertziennes, un organe simple et pratique nous permettant de recevoir les signaux par la méthode du battement, et de les amplifier pour ainsi dire à l'infini, afin d'en faciliter la réception.

Grâce à l'emploi de la lampe à trois électrodes, les principes de la T.S.F. à longue distance ont pu recevoir une application de plus en plus précieuse.

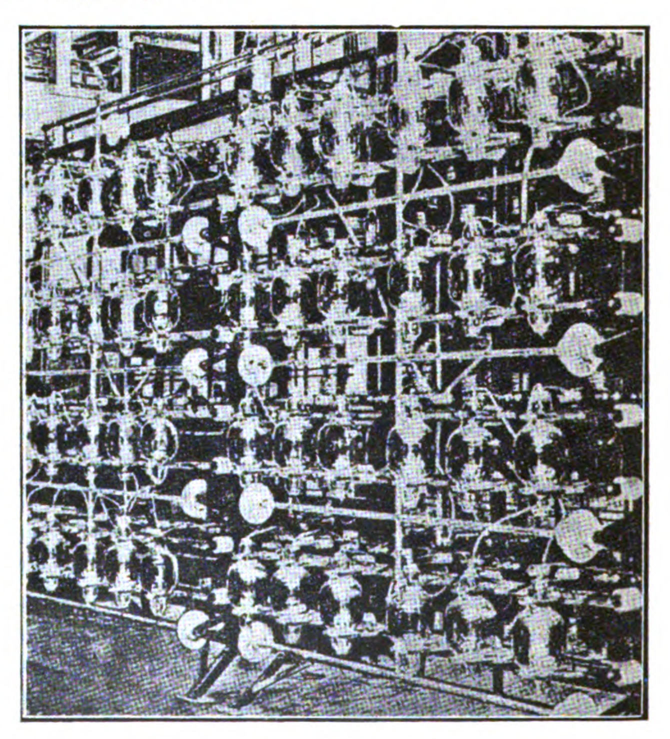


Fig. 1. — Panneau de lampes à Carnarvon.

Quelques renseignements sur les perfectionnements réalisés en Angleterre, grâce à l'utilisation de la lampe à vide, vous sembleront, sans doute, présenter quelque intérêt.

La compagnie Marconi a pour habitude d'utiliser, dans ses stations à longue distance, plusieurs lampes montées en parallèle. Elle a pu ainsi obtenir jusqu'à 100 kilowatts-antenne. Actuelle-

ment on utilise comme étalon des groupes de lampes, pouvant appliquer 4 kilowatts à l'antenne ; le nombre des groupes varie suivant les cas particuliers.

Au début, on a éprouvé quelques difficultés à monter en parallèle un grand nombre de lampes, mais aujourd'hui, on constitue sans aucun mal des groupes de 60 lampes qui fonctionnent avec des tensions de plaque de l'ordre de 12.000 volts.

Les experts m'ont déclaré, qu'avec un nombre suffisant de lampes, on pouvait faire facilement passer 500 kilowatts dans l'antenne. La vie des lampes a été sensiblement prolongée et le type de 4 kilowatts peut fonctionner pendant plus de 5.000 heures ; c'est du moins ce qui ressort des essais effectués dans les laboratoires de la compagnie ainsi qu'à la station de Clifden.

Tout dernièrement, on s'est attaché à la construction de lampes en quartz très puissantes ; il en existe actuellement deux modèles permettant d'appliquer dans l'antenne 25 kw et 75 kw respectivement. Toutefois, on ne pense pas que l'efficacité d'une lampe unique atteigne le rendement d'un groupe de lampes ; les études sur les lampes très puissantes sont donc purement expérimentales.

En ce qui touche à la transmission, on a effectué depuis deux ans un grand nombre de recherches relatives au rendement des circuits et à la meilleure utilisation possible de l'énergie appliquée.

Le rendement des antennes a été considérablement amélioré et les pertes dans les bobines sensiblement réduites ; les résultats les plus récents prouvent qu'il est possible d'obtenir une puissance de rayonnement de 50 %, avec des longueurs d'onde atteignant 20.000 mètres ; mais, dans ce cas particulier, il faut recourir à des pylônes de 250 mètres, en raison même des grandes longueurs d'onde employées.

M. H. W. Round a effectué plusieurs recherches minutieuses sur les pertes qui se produisent dans les bobines d'inductance et dans les autres organes des circuits des lampes. Des mesures réelles de l'énergie considérable employée ont montré que l'énergie reçue dans l'antenne pouvait atteindre 70 % de celle qui

est appliquée à la plaque, c'est-à-dire que l'énergie rayonnée pouvait atteindre 35 °/₀ de l'énergie appliquée à la plaque.

Dans les stations travaillant sur ondes courtes, il est beaucoup plus facile d'améliorer le débit; mais en général, cette amélioration ne correspond pas à l'accroissement des dépenses entraînées de ce fait. Il existe aujourd'hui en Angleterre une station qui travaille sur 3.000 mètres de longueur d'onde et dont l'antenne est à 100 mètres du sol ; l'énergie rayonnée est égale à 40 °/₀ de celle appliquée à la plaque.

Outre la question du rendement, on a étudié le moyen d'obtenir une fréquence absolument constante ; on y a réussi. On a imaginé des méthodes de transmission à grande vitesse qui, avec des ondes courtes, permettent d'atteindre des vitesses de l'ordre de 200 mots par minute, et avec des ondes plus longues toutes les vitesses que permettent les constantes de l'antenne.

Un service à grande vitesse fonctionne entre Londres d'une part, Paris et Berne d'autre part. On utilise un même poste émetteur qui travaille sur deux longueurs d'onde suivant qu'il communique avec l'une ou l'autre ville. Alors que cette méthode est peu convenable lorsqu'on utilise au départ une somme considérable d'énergie, elle est spécialement avantageuse dans le cas de stations de moyenne puissance, car on peut alors compenser la perte de rendement en augmentant légèrement l'énergie appliquée au départ.

L'installation fonctionne en duplex entre Londres et Paris ou Berne ; pratiquement, tout le trafic est écoulé sur appareils imprimants ; cependant, certains jours où les atmosphériques sont particulièrement gênants, la réception ne peut se faire qu'avec un ondulateur et, plus rarement, avec un téléphone.

La distance qui sépare ces stations étant relativement courte, la réception se fait au moyen d'amplificateurs haute et basse fréquence accordés, montés en cascade et reliés à une antenne du type Bellini-Tosi qui peut être en cas de besoin transformée en système pour réception dirigée (unidirectionnelle). On protège les circuits de réception avec le plus grand soin pour que les circuits accordés fonctionnent normalement et pour que l'antenne

n'agisse bien que sur les seuls circuits convenables. Les constantes de tous ces circuits ont été mesurées très exactement, de façon à donner des courbes de filtrage en rapport avec les vitesses de fonctionnement indispensables, et de manière à ce que les opérateurs effectuent les réglages nécessaires sans difficulté. En dehors de la protection contre les troubles par interférence assurée par le système de réception dirigée, par un filtrage soigneux des ondes et par un élément de saturation, on n'a utilisé aucune idée ou méthode sensationnelle pour éliminer pratiquement les parasites.

On poursuit méthodiquement l'étude et la mesure précise des constantes de tous les circuits employés en vue d'en trouver de plus efficaces ; ces études ont permis de trouver des améliorations sensibles et tout indiquées, qui seront appliquées à l'avenir lorsqu'on aura découvert certains moyens appropriés.

La protection des postes récepteurs contre les atmosphériques est actuellement et sera sans doute toujours relative, car il est évident qu'en certains cas un dispositif anti-parasite cessera d'être efficace, par exemple lorsque les décharges sont plus violentes qu'on ne l'avait pensé et, aussi parfois, lorsqu'il faut amplifier considérablement les signaux d'arrivée en raison de ce qu'ils sont beaucoup plus faibles qu'en temps normal.

Il serait intéressant de rechercher dans quelle proportion l'emploi des postes à ondes entretenues, le perfectionnement de la réception dirigée et les améliorations apportées à la syntonie au cours des dernières années, ont réellement accrû la régularité de fonctionnement et la facilité de lecture, sur des distances données.

Les progrès ayant été lents, il se manifeste une certaine tendance au pessimisme. Les conditions atmosphériques étant les mêmes et les dépenses égales, je crois pouvoir dire cependant qu'aujourd'hui nous travaillons à des vitesses de 8 à 10 fois supérieures à celles pratiquement possibles en 1912.

Les troubles par interférence occasionnés par d'autres stations ont, naturellement, augmenté dans de notables proportions, ce qui a gêné l'accroissement des vitesses de transmission ; mais,

fort heureusement, il est plus facile d'éliminer les risques de brouillage entre stations que de supprimer les perturbations produites par les ondes électriques naturelles que nous appelons les « atmosphériques ».

Parmi les différents types d'amplificateurs à lampes utilisés dans les stations réceptrices modernes, l'amplificateur haute et basse fréquence accordé est, sans doute, celui qui présente le plus grand intérêt technique. En vérité, ses qualités sélectives jointes au rapport relativement plus élevé entre l'intensité des signaux utiles et les parasites, qui le caractérise, suffisent pour justifier cet intérêt.

La plupart des radiotélégraphistes avaient reconnu ces avantages pendant la guerre, et je ne pense pas qu'au moment de l'armistice il y avait beaucoup de laboratoires dans lesquels on n'avait, plus ou moins, étudié ce type de récepteur.

Il est possible que ces recherches n'aient pas été assez poussées pour permettre de trouver la forme définitive à donner à cet appareil ; toutefois, elles ont fixé un point, à savoir que la grosse difficulté à vaincre consistait à combiner une amplification considérable à une grande stabilité et, en outre, que le problème devenait de plus en plus ardu lorsqu'on augmentait le nombre des lampes montées en cascade. Par stabilité, j'entends la non-production d'oscillations subites en un point quelconque des circuits de l'amplificateur.

En 1920, M. G. Mathieu réussit à découvrir la voie sur laquelle il fallait s'engager pour trouver la solution pratique du problème. Il s'agissait d'intercaler entre les lampes un nouveau type de transformateur sans fer accordé, agencé de telle façon que la capacité électrostatique entre enroulements soit extrêmement faible, que l'impédance effective du primaire soit sensiblement égale à la résistance intérieure réelle plaque-filament de la lampe employée, lorsque le circuit secondaire était accordé sur la fréquence des oscillations à amplifier.

Lors des premiers essais effectués avec ces nouveaux transformateurs, on recueillit des résultats surprenants : le coefficient d'amplification d'une lampe passait subitement de 5 à 15 tan-

dis que la stabilité était bien supérieure à celle constatée précédemment, même lorsque la grille était maintenue à un potentiel de un ou deux volts négatifs.

Le même principe appliqué à la construction des transformateurs basse fréquence à noyau en fer a donné d'aussi bons résultats. Toutefois, ici, on reconnut la nécessité de disposer une dérivation magnétique entre les enroulements de façon à obtenir un accouplement suffisamment lâche des circuits primaire et secondaire du transformateur. M. Mathieu a perfectionné récemment son transformateur haute fréquence en le rendant astatique.

Pendant ma traversée d'Angleterre en Amérique, j'ai utilisé sur mon yacht une de ces nouvelles installations comprenant des transformateurs haute et basse fréquence accordés ; les résultats des essais effectués à bord confirment la robustesse de l'appareil et sa supériorité marquée sur l'amplificateur du type ordinaire.

Les radiotélégraphistes ont, il y a quelques années, acquis la certitude que la T. S. F. avait atteint un degré de perfection tel qu'il ne fallait plus rien attendre des conjectures, et que le développement et le perfectionnement des services télégraphiques commerciaux, aux distances que nous considérions jadis comme très grandes, obligeaient à recueillir des renseignements précis sur les points suivants :

1°) l'intensité des signaux sur laquelle on peut compter aux distances envisagées en se servant d'appareils donnés ;

2°) la question, entre toutes importante, du rapport de l'intensité des signaux à celle des perturbations et interférences naturelles qui gênent le poste récepteur, dans les diverses parties du monde.

Avant tout, il fallait trouver des appareils convenables et dignes de confiance capables de fournir les indications nécessaires sur les deux points en question. Ces appareils existent aujourd'hui et servent tous les jours, si bien qu'on peut se procurer une foule de renseignements intéressants pour l'exploitation.

Aux points d'observation, les signaux des grandes stations de T.S.F. sont mesurés de nuit comme de jour ; de même, l'intensité des signaux parasites et la direction d'où ceux-ci paraissent provenir.

Les mesures sont faites de telle manière que l'énergie, qui serait nécessaire au poste d'émission pour garantir la lisibilité des signaux serve à mesurer l'intensité des parasites ; l'ingénieur radiotélégraphiste n'a pas besoin d'autre chose pour calculer la puissance d'une station émettrice.

Cette méthode donne dans la pratique d'excellents résultats ; je pense qu'elle pourrait fort bien être appliquée partout.

En deux mots, cette méthode consiste à utiliser l'appareil de mesures pour induire dans l'antenne des signaux par ondes entretenues et à rendre ces signaux identiques à ceux qui proviennent de la station émettrice. On peut lire ainsi directement la tension mise dans l'antenne. Dans ce but, on utilise une antenne-étalon, et on calcule l'intensité des signaux en microvolts par mètre. Si, à cause des parasites, les signaux sont illisibles, on utilise l'appareil de mesures pour envoyer à un opérateur un mot convenu formé de 5 caractères, à la vitesse moyenne de 20 mots par minute ; puis, la tension appliquée à l'antenne par l'émetteur local est augmentée jusqu'à ce que la lisibilité soit parfaite ; ainsi, le rapport entre la nouvelle tension appliquée à l'antenne et l'ancienne égale à celle des signaux reçus donne immédiatement une estimation très correcte de l'énergie supplémentaire que doit utiliser la station émettrice pour être lisible. Comme cette variation peut se faire sur des systèmes d'antenne qui donnent des schémas des directions d'où proviennent les signaux, on voit que cette méthode présente une grande utilité pratique.

La question de savoir s'il était ou non possible de communiquer avec les Antipodes m'a toujours passionné. En réalité, la distance qui nous sépare des Antipodes est la plus grande possible qu'on puisse faire franchir aux ondes hertziennes sur notre globe ; aussi bien la question est importante puisque toutes les distances entre stations quelconques sont inférieures à celle-là.

Il y a seize ans environ, au cours d'une conférence faite devant la Société Royale de Londres (3 mars 1905), je déclarais que j'étais enclin à penser que s'il était prouvé qu'on puisse communiquer avec les Antipodes, c'est que les ondes voyageaient d'une

station à l'autre autour du globe et convergeaient vers les Antipodes, s'y rejoignaient ; et je pensais qu'ainsi il serait possible de télégraphier à des points aussi éloignés de nous en n'utilisant qu'une somme raisonnable d'énergie électrique. Au cours de ma conférence, j'avais montré une mappemonde et je m'étais efforcé d'expliquer comment je pensais que les autres ondes hertziennes s'aideraient mutuellement si elles arrivaient convenablement en phase, ou, en d'autres termes, comment elles aboutiraient toutes aux Antipodes ou près des Antipodes.

Des résultats récents, qui montrent avec quelle facilité relative on peut télégraphier sans fil d'Angleterre en Australie, semblent indiquer que ce n'est pas une hypothèse gratuite que d'admettre que les ondes font le tour de la terre en prenant divers chemins pour se rejoindre près des Antipodes.

Mais d'autres expériences, plus récentes encore, ont donné des renseignements plus intéressants et plus précis.

Deux expéditions faites l'une au Brésil, l'autre en Nouvelle-Zélande, ont permis de recueillir un grand nombre d'observations très curieuses et très instructives. Bien que les rapports complets des deux missions n'aient pas encore été publiés, je pense que vous aurez plaisir à connaître les résultats de certaines expériences des plus importantes.

MM. H. H. Beverage de la Radio Corporation of America, N. W. Rust de la Compagnie Marconi d'Angleterre, W. Eichkoff et le Docteur A. Esau de la Société Telefunken de Berlin faisaient partie de la mission brésilienne qui a effectué une série de mesures en différents points de l'Amérique du Sud, le long des côtes de l'Atlantique : mesures de l'intensité des signaux émis par les stations européennes et autres pendant le jour et pendant la nuit ; mesures de l'intensité et de la direction des parasites.

L'autre expédition dirigée par M. E. Tremellen de la C[ie] anglaise Marconi a permis de mesurer l'intensité des signaux émis par les puissantes stations européennes et américaines pendant la traversée d'Angleterre en Nouvelle-Zélande, via le Canal de Panama. Les renseignements recueillis relativement aux

signaux diurnes et nocturnes permettront, entre autres choses, de modifier la formule de l'amortissement. En passant, je dirai que les signaux reçus sont beaucoup plus intenses que ne le laissait entrevoir la formule d'Austin-Cohen ; d'ailleurs, s'il en était autrement, la radiotélégraphie aux très grandes distances serait absolument impossible.

Entre l'Angleterre et les Antipodes on a fait des mesures complètes sur les signaux émis par Carnarvon, Nauen, Bordeaux et Hanovre. Au Brésil, on a mesuré ceux émis par les puissantes stations américaines et par la station de Cavite (Philippines) exploitée par la Marine des Etats-Unis.

Les deux expéditions ont, chacune de leur côté, constaté pour la première fois (je le pense du moins) que les signaux venant de très loin ne suivaient pas forcément un grand cercle terrestre; ils atteignent le poste récepteur après avoir emprunté un ou plusieurs itinéraires autour du globe.

Ces observations importantes ont été faites au moyen de cadres dirigés donnant les diagrammes bien connus en forme de cœur. Les deux missions ont toutes deux constaté le fait suivant qui offre un grand intérêt : à différentes reprises, pendant les périodes dites de transition, lorsque l'onde arrivait tantôt par un chemin tantôt par l'autre, les deux, trois, etc... trains d'ondes reçus sur une antenne verticale simple produisaient de légers battements ressemblant à des signaux Morse et produits par l'interférence mutuelle ou par la superposition des trains d'ondes, tandis que sur le cadre dirigé, les signaux étaients nets et normaux lorsque, bien entendu, le cadre était orienté de manière à ne recevoir que d'un côté ou de l'autre.

Il convient de noter que lorsqu'on se trouve aux Antipodes, il n'y a qu'une légère différence entre les grands cercles qui passent par la station émettrice, de sorte que la constance de direction n'est pas conservée ; cette direction paraît au contraire nettement définie à quelque 3.200 km. des Antipodes.

Les observateurs constatèrent que les signaux émis par les stations américaines de New York (Radio Central) et de Tuckerton venaient d'une direction qui prouvait qu'ils préféraient faire les

3/4 du tour de la terre plutôt que de prendre le chemin le plus court. De même, les rapports indiquent que les signaux émis en Angleterre et en Allemagne prenaient le chemin le plus long et faisaient plus que la moitié du tour de la terre.

M. Tremellen fit la constatation suivante : à différentes reprises, les signaux de Nauen paraissaient arriver à Rocky Point (Nouvelle-Zélande) via le pôle sud, tandis que ceux émis à Hanovre semblaient venir via le pôle Nord.

On poursuit actuellement des expériences complètes dans diverses stations australiennes, pour obtenir si possible toutes les variations caractérisant chacune des saisons de l'année.

Il semble à peu près certain aujourd'hui que les courants parasites prennent naissance surtout sur les continents. Les observations faites au Brésil révèlent l'existence de troubles atmosphériques (qui produisent un ronflement dans les écouteurs) paraissant venir de très loin dans la direction des côtes africaines ; le jour, on entend des « clics » dans le téléphone, occasionnés par des parasites provenant des côtes voisines appartenant à l'Amérique du Sud.

En venant ici à bord de l'*Elettra*, j'ai moi-même constaté que jusque vers le milieu de l'Atlantique les parasites paraissaient venir surtout de l'Europe et de l'Afrique, tandis qu'après, ils semblaient venir de l'Ouest, c'est-à-dire du continent américain.

En traversant le Pacifique, M. Tremellen a pu constater de semblables changements de direction de ces perturbations naturelles.

Il est fort heureux pour le service radiotélégraphique transatlantique assuré entre l'Europe et le Nord de l'Amérique (et cela est surtout vrai pour les pays de l'Europe occidentale) que la direction d'où proviennent les courants parasites diffère de celle d'où émanent les signaux utiles, et que les continents situés dans la direction des stations émettrices soient suffisamment éloignés pour ne pas dégager des courants perturbateurs qui gêneraient les stations réceptrices de l'autre côté de l'Océan.

On peut déduire des expériences faites à de très grandes distances : que la transmission dans le sens Ouest-Est est sensi-

blement plus facile qu'en sens contraire ; qu'il est nécessaire de modifier les formules relatives à la transmission à de grandes distances.

Le rapport in extenso des travaux des deux missions sera publié sous peu.

Je passe maintenant à une autre branche très importante de la science des communications sans fil, qui, malheureusement, il faut bien le dire, a été trop longtemps négligée. Je veux parler de l'emploi des ondes hertziennes très courtes, surtout en ce qui concerne leur application à la radiotélégraphie dirigée et à la téléphonie sans fil.

Il y a quelques années, pendant la guerre, je ne pouvais m'empêcher de regretter que l'on consacrât toutes les études, toutes les recherches à ce que j'appellerai les ondes longues, (c'est-à-dire de plusieurs milliers de pieds de long) d'autant plus que je me rappelais fort bien qu'en 1895 et 1896, lors de mes tout premiers essais, j'avais obtenu des résultats encourageants avec des ondes de quelques pouces seulement.

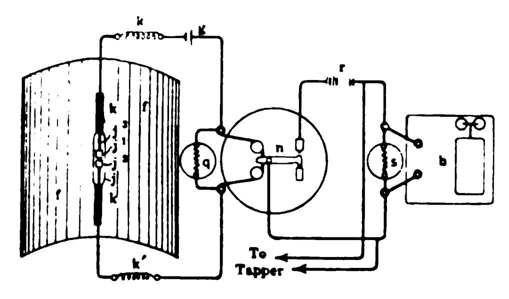


Fig. 2. — Premier récepteur pour ondes courtes.

L'étude des ondes courtes date de la découverte des ondes électriques elles-mêmes, c'est-à-dire des expériences classiques de Hertz et de ses contemporains, car dans tous ses essais, Hertz s'est servi d'ondes électriques courtes et de réflecteurs, afin de trouver leurs caractéristiques et de démontrer notamment que les ondes qu'il avait découvertes obéissaient aux lois optiques de la réflexion.

Comme je viens de le dire, c'est avec des ondes courtes que

j'ai commencé à étudier le problème de la T.S.F. Qu'il me soit permis de rappeler qu'il y a 26 ans, lorsque je me rendis pour la première fois en Angleterre, je pus montrer à Sir William Preece, alors Ingénieur en Chef du Post Office, un dispositif avec réflecteurs me permettant de transmettre et de recevoir des signaux intelligibles par ondes courtes sur une distance de 2.800 mètres, tandis que, chose curieuse, avec une antenne je ne parvenais pas à communiquer au delà de 800 mètres (fig. 2 et 3).

Les progrès obtenus avec les antennes et les ondes longues ont été si rapides, si frappants et relativement si faciles, qu'on a laissé pratiquement de côté les ondes courtes. Je dis que ceci est regrettable, car il est des problèmes qu'on ne saurait résoudre, des résultats qu'on ne saurait atteindre sans recourir aux systèmes à faibles longueurs d'onde.

Sir William Preece décrivit mes premières tentatives à une assemblée générale de l'Association britannique pour l'avancement des sciences, en septembre 1896, et un peu plus tard (le 4 juin 1897), à la *Royal Institution* de Londres.

Le 3 mars 1899, devant la Société des Ingénieurs électriciens de Londres, je traitais la question plus à fond. Je voudrais appeler votre attention sur mon mémoire, car il présente un certain intérêt historique.

Ce jour-là, je montrai qu'il était possible, en utilisant des ondes courtes et des réflecteurs, de projeter les rayons électriques dans une direction unique au lieu de les laisser s'éparpiller dans toutes les directions; de cette manière, ils ne pouvaient influencer les récepteurs placés hors l'angle de propagation du faisceau électrique. Je décrivis les essais de transmission d'un rayon d'ondes réfléchies effectués à Salisbury Plain (Angleterre) et je signalai qu'il était possible d'utiliser ce système sur les phares fixes et flottants pour signaler les points dangereux voisins de la côte, en temps de brume notamment. Je montrai, dans la salle même où se tenait la conférence, comment je pouvais faire fonctionner une sonnerie et actionner un récepteur en dirigeant l'ouverture du miroir émetteur vers l'un ou l'autre appareil.

Autant que je puis savoir, aucune recherche n'a été tentée avec les ondes courtes depuis plus de vingt ans ; je ne pense pas qu'un travail quelconque ait été publié sur ce sujet depuis de nombreuses années.

Ces recherches ne paraissaient pas faciles, ni donner de bien grandes espérances ; l'emploi de réflecteurs de dimensions raisonnables obligeait à se servir d'ondes de quelques mètres seulement ; elles n'étaient pas faciles à produire ; d'autre part, jusqu'à une date relativement rapprochée, l'énergie qu'il était possible d'utiliser ainsi était faible. Pour cela, et aussi en raison de l'affaiblissement rapide de ces ondes sur terre et sur mer, les premiers résultats parurent plutôt décourageants.

Je repris pourtant la question en Italie au début de 1916 avec l'intention d'utiliser, dans des buts de guerre, les ondes courtes rayonnées par des réflecteurs : M. C. S. Franklin de la Cie anglaise Marconi m'assistait dans mes travaux.

Dans la suite, M. Franklin a repris à fond l'étude de la question. Il a décrit les résultats obtenus par lui dans un mémoire soumis le 3 avril 1922 à la Société des Ingénieurs électriciens de Londres.

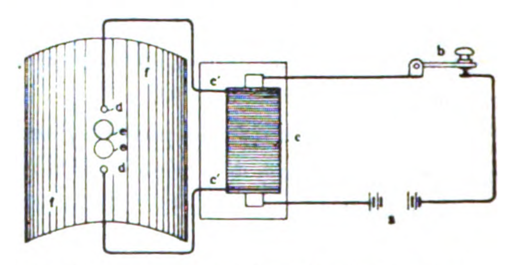


Fig. 3. — Premier émetteur d'ondes courtes.

La plupart des renseignements que je vais vous communiquer sont extraits du mémoire de M. Franklin.

Les travaux repris en 1916 étaient très intéressants. Avec les ondes courtes, on se trouvait reporté aux premiers jours de la T.S.F., alors que le champ ouvert aux expérimentateurs était complètement libre.

On utilisait des longueurs d'onde de 2 ou 3 mètres. Avec ces

ondes, les perturbations causées par les atmosphériques n'existaient pour ainsi dire pas ; la seule interférence constatée était produite par les appareils d'allumage des voitures et canots automobiles. Apparemment, ces appareils émettent des ondes électriques dont la longueur varie entre 0 et 40 mètres ; un jour viendra peut-être où les dispositifs d'allumage devront être entourés d'un écran protecteur, ou bien, ils feront l'objet d'une licence officielle en tant qu'appareils émetteurs d'ondes électriques.

Incidemment, je signalerai qu'un récepteur d'ondes courtes est un appareil parfait pour déceler si votre allumage fonctionne normalement, et cela même à distance. Nombre d'automobilistes seraient surpris de constater combien souvent leur magnéto fonctionne d'une façon défectueuse.

Lors des essais effectués en 1916, je me suis servi d'un transmetteur à étincelles couplé ; le condensateur à air et l'éclateur du primaire étaient plongés dans l'air comprimé. De cette manière la somme d'énergie était plus considérable et l'éclateur paraissait offrir une résistance moindre.

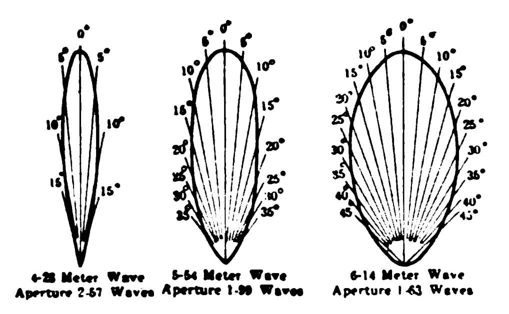


Fig. 4. — Courbes polaires des réflecteurs tracées d'après le calcul.

Le premier récepteur utilisé était en cristal ; les réflecteurs étaient constitués par plusieurs fils accordés sur la longueur d'onde employée et disposés suivant une parabole dont l'antenne occupait le plan médian.

Le réflecteur émetteur était mobile et construit de manière à permettre d'étudier de loin l'effet produit sur le récepteur.

M. Franklin a calculé la courbe polaire du rayonnement dans l'espace (fig. 4), dans le plan horizontal, tel qu'il se produirait

avec plusieurs réflecteurs ayant une ouverture différente et en supposant que les signaux quittent le réflecteur sous forme d'ondes planes ayant même intensité et une largeur égale à l'ouverture du réflecteur. Les résultats expérimentaux sont d'accord avec le calcul. La figure 4 représente les courbes calculées se rapportant à des réflecteurs dont l'ouverture égale respectivement 1, 2, 3 et 5 longueurs d'onde.

Les expériences conduites en Italie ont montré qu'on pouvait toujours diriger convenablement les ondes électriques, en utilisant des réflecteurs dûment proportionnés aux longueurs d'onde employées ; avec l'installation dont je me suis servi j'ai pu franchir 10 kilomètres.

Les essais continuèrent à Carnarvon en 1917. Avec un transmetteur à étincelles placé dans l'air comprimé, une longueur d'onde de 3 mètres, un réflecteur ayant une ouverture de 2 longueurs d'onde et une hauteur d'une longueur d'onde et demie, on a reçu les ondes à plus de 32 km. avec un récepteur sans réflecteur.

En 1919 M. Franklin s'est livré à de nouveaux essais à Carnarvon en utilisant des lampes à vide pour produire des ondes très courtes ; ces essais étaient faits en vue de découvrir un système de radiotéléphonie dirigée. M. Franklin choisit une longueur d'onde de 15 mètres qu'il était facile d'obtenir avec le type de lampe dont il disposait.

Après avoir surmonté quelques difficultés pratiques, on réussit à causer avec Holyhead, à 32 km. du poste émetteur. La parole était nette et forte. Les essais se poursuivirent sur de plus grandes distances ; pour cela, on installa un poste récepteur sur un des paquebots-poste qui assurent le service entre l'Angleterre et l'Irlande.

On obtint une très bonne audition pendant toute la traversée et lorsque le bateau eut jeté l'ancre à Kingstown Harbor, à 125 km. de Carnarvon. On fit cette constatation intéressante : l'intensité des signaux ne diminuait pas rapidement après que le paquebot avait franchi la ligne d'horizon en partant de Carnarvon.

A la suite de ces expériences couronnées de succès, on décida de procéder à de nouveaux essais sur terre entre Hendon et Birmingham (160 km.). On reconnut qu'avec un réflecteur au départ

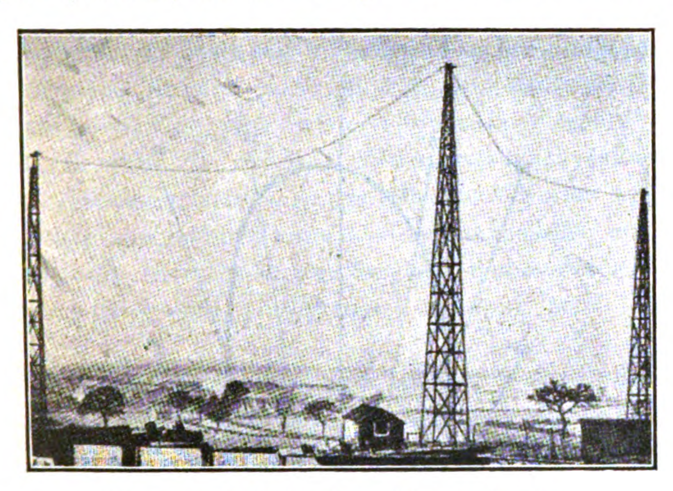


Fig. 5. — Poste émetteur dirigé de Hendon.

et à l'arrivée, on pouvait communiquer dans de bonnes conditions en tout temps.

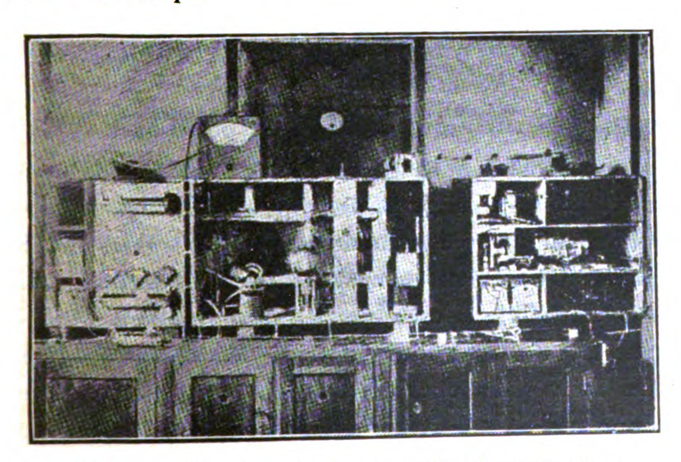


Fig. 6. — Emetteur et récepteur d'essais de Hendon.

Les figures 5 et 6 représentent les installations dont on s'est servi. L'énergie appliquée aux lampes était généralement de

700 watts. L'antenne est un peu plus haute qu'une demi-longueur d'onde ; sa résistance au rayonnement est très grande. L'énergie mise dans l'antenne est égale à 50 ou 60 °/₀ de celle appliquée aux lampes ; ainsi, environ 300 watts sont effectivement rayonnés dans l'espace.

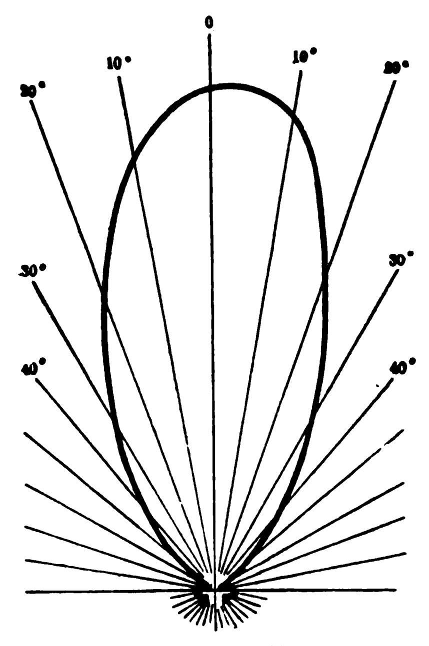


Fig. 7. — Courbe polaire du réflecteur de Hendon.

Avec un réflecteur à chaque bout, la qualité de la parole est très bonne. La voix est généralement assez forte pour être juste perceptible dans un téléphone de 60 ohms à travers une dérivation d'un quart à un demi-ohm. Sans aucun réflecteur, la parole est juste perceptible si on supprime la dérivation. Les mesures faites par M. Franklin indiquent que la valeur reçue quand on utilise les deux réflecteurs est 200 fois plus forte que lorsqu'on les a supprimés.

Ces chiffres ont été confirmés par des mesures locales faites autour des stations.

La figure 7 représente la courbe polaire du champ de la station de Hendon, mesurée au voisinage du réflecteur. Elle est

légèrement dissymétrique en raison sans doute de ce que le sol est en pente, et aussi de certaine réflexion locale occasionnée par les arbres voisins et par les fils.

Mes aides ont constaté qu'une courbe polaire prise au voisinage immédiat du poste pouvait différer de celle relevée à une certaine distance de celui-ci, et qu'à certaine distance l'effet de direction pouvait ne plus exister. Toutefois, d'accord en cela avec M. Franklin, je crois qu'il n'en est pas ainsi réellement.

Des expériences faites avec des réflecteurs tournants, permettant de faire des lectures à une distance quelconque, ont prouvé que, pour un réflecteur et une longueur d'onde donnés, le diagramme polaire était pratiquement constant pour toutes les portées.

En se servant de tubes à vide, on peut facilement produire aujourd'hui des ondes de 12 mètres et plus, avec une énergie de quelques kilowatts ; on peut utiliser pour cela plusieurs lampes montées en parallèle.

Pendant les essais effectués à Carnarvon, on a constaté qu'on pouvait parfaitement recevoir sur l'antenne émettrice pendant que le poste émetteur fonctionnait.

Ce système, qui supprime toute commutation, sert aujourd'hui pour assurer un service duplex entre Hendon et Birmingham.

Les réflecteurs, qui permettent de faire de l'émission dirigée et de réaliser des économies d'énergie, possèdent encore un avantage qui est probablement commun à tous les systèmes parfaitement dirigés. On a, en effet, constaté que la parole n'est nullement déformée ; c'est le contraire qui se produit lorsqu'on emploie des postes émetteurs et récepteurs non dirigés, même avec des ondes courtes.

Les résultats obtenus entre Hendon et Birmingham constituent un record en radiotéléphonie si l'on considère le rapport existant entre la distance franchie et la longueur d'onde ; il est intéressant de noter, en effet, que Birmingham est distant de Hendon de 10.400 longueurs d'onde.

Cependant, nous considérons ces résultats comme un début

et non comme le maximum qu'on puisse obtenir avec un peu de pratique.

Nous savons donc pour la première fois que des ondes électriques de 15 ou 20 mètres permettent d'assurer un bon service dirigé entre deux points séparés par des distances respectables.

A une époque où la radiotéléphonie d'information est à l'ordre

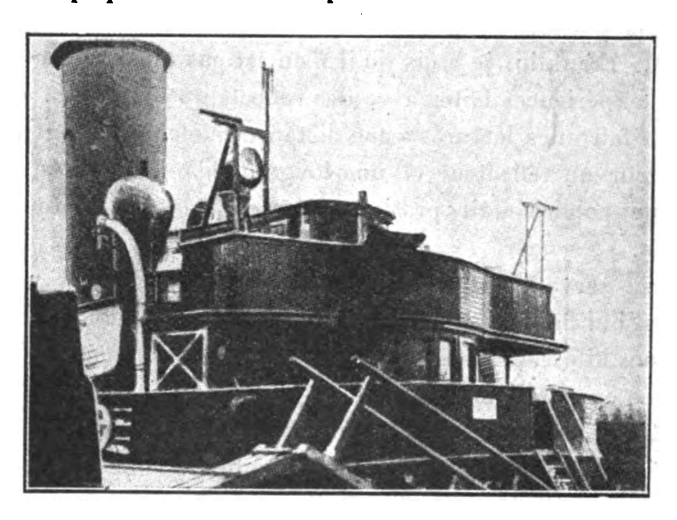


Fig. 8. — Récepteur pour ondes courtes du vapeur « Pharos ».

du jour, il sera sans doute intéressant de posséder un mode de communication secret si on le compare à la téléphonie sans fil ordinaire.

Les résultats obtenus avec des réflecteurs étaient tellement encourageants que j'ai pensé à réaliser ma vieille conception et à me servir de ce système pour indiquer aux navires la position qu'ils occupent au voisinage des points dangereux de la côte. Grâce à l'obligeance de MM. D. et C. Stevenson et de la Commission des phares du Nord, des expériences ont pu avoir lieu à Inchkeith, sur une île située dans le golfe du Forth près d'Edimbourg. Elles ont été conduites par M. Franklin. Le transmetteur et le réflecteur tournant se comportent comme un véritable phare ; grâce au rayon électrique tournant, lorsque, par temps bouché, les navires approchent des côtes, ils peuvent faire le point du phare électrique.

Un poste d'essai a été installé sur le vapeur « Pharos » : les premières expériences remontent à l'automne de 1920.

Avec une onde de 4 mètres, un réflecteur et une seule lampe

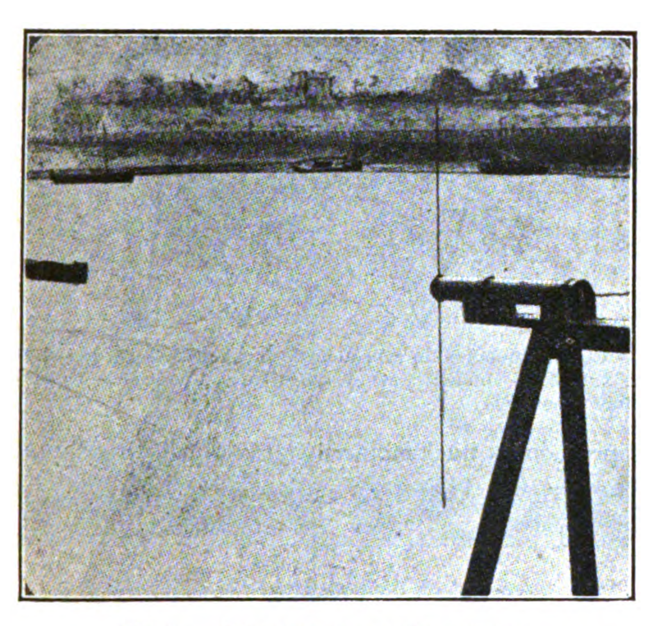


Fig. 9. — Récepteur pour ondes courtes.

détectrice convenablement accordée installée à bord du « Pharos » on put atteindre une portée de 12 km. 500. Le réflecteur faisait un tour complet en deux minutes ; un signal distinctif était émis à chaque demi-point de la boussole. Des essais successifs prouvèrent que le navire pouvait situer le phare à 1/4 de point près, c.-à-d. à 2,8 degrés près. On construisit peu après un nouveau réflecteur. Il est encore en essai à l'heure actuelle (fig. 12).

La figure 10 représente les courbes polaires tracées avec les résultats des mesures faites avec le nouveau réflecteur à une distance de 6 km. 5.

Avec un rayon tournant, il n'est pas facile de reconnaître, à l'oreille, à quel moment les signaux sont maximums, mais il est commode de déterminer le moment où ils commencent et où ils

finissent car l'émission des signaux est extrêmement rapide. L'instant situé à égale distance de ces deux moments indique avec une

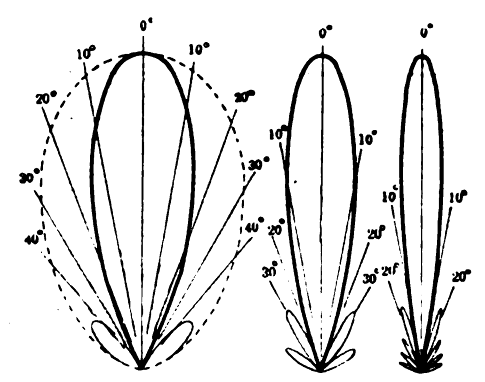


Fig. 10. — Courbes polaires du réflecteur de Inchkeith. Onde de 4 m. 28. Ouverture : 2 ondes 57. — Onde de 5 m. 54. Ouverture : 1 onde 99. — Onde de 6 m. 14. Ouverture : 1 onde 63.

grande précision à quel moment le rayon est dirigé directement vers le navire (fig. 11).



Fig. 11. — Boussole avec indication des lettres qui permettent de faire des relèvements précis.

Grâce à un mouvement d'horlogerie, une lettre spéciale est émise tous les deux points de la boussole ; des signaux brefs marquent les points intermédiaires (..) et les demi-points (—) ;

on effectue la transmission des lettres et signaux brefs au moyen de contacts disposés à la base du réflecteur tournant ; en somme, un signal précis et distinct est émis sur chaque demi-point ou quart de point de la boussole (fig. 12).

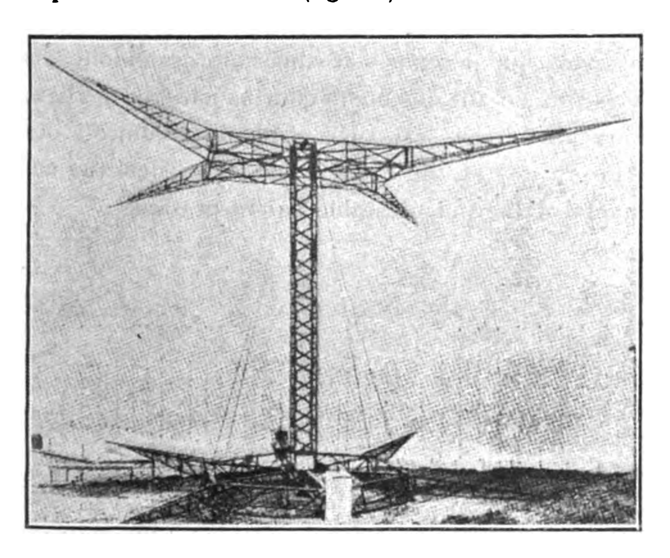


Fig. 12. — Emetteur tournant de Inchkeith.

L'affaiblissement des ondes courtes sur mer est d'une surprenante régularité, de sorte qu'avec un peu d'habitude, on peut juger de la distance d'après l'intensité des signaux reçus ; on peut mesurer celle-ci à l'aide d'un potentiomètre.

Avant de conclure, je voudrais vous signaler une autre application possible de ces ondes, qui, si elle réussit, est appelée à rendre les plus grands services aux navigateurs.

Ainsi que Hertz lui-même l'a montré le premier, les corps conducteurs peuvent réfléchir complètement les ondes électriques. Souvent, au cours de mes expériences, j'ai constaté les effets de la réflexion et de la déviation de ces ondes, effets produits par des corps métalliques situés à plusieurs kilomètres.

Il me semble qu'il serait possible de construire un appareil grâce auquel un navire pourrait émettre un faisceau divergent de rayons électriques, dans une direction quelconque, puis recueillir

les rayons réfléchis par un objet métallique (un autre navire, un cargo par exemple) et se rendre compte ainsi par temps de brume, de la présence et de la position de cet autre bateau, même si celui-ci n'est muni d'aucune installation de T.S.F. de bord.

Je vous ai donné tous ces résultats, je vous ai suggéré toutes ces idées, parce que je sens — et vous sentez sans doute aussi bien que moi — que l'étude des ondes courtes par trop négligée depuis de nombreuses années, est susceptible de conduire à des applications imprévues et, qu'en tout cas, elle constitue un champ expérimental d'une incontestable valeur pratique.

NOUVEAU PROCÉDÉ

POUR

LE CHAUFFAGE DES WAGONS-POSTE

Par M. IRLE,

Commis des Postes et Télégraphes.

Jusqu'à ce jour, les wagons-poste étaient chauffés, soit par des poêles protégés par une enveloppe ajourée, soit par un thermo-siphon à émulsion avec eau bouillante circulant sous une plaque fixée au plancher, soit par la vapeur de la locomotive dans des radiateurs analogues à ceux d'appartements.

Les poêles avaient pour principaux inconvénients de surchauffer leurs environs immédiats et étaient sans effets appréciables à partir d'une certaine distance ; ils émettaient des gaz délétères ; le personnel souffrait du froid aux pieds et de la chaleur à la tête, ce qui l'indisposait et diminuait son rendement ; enfin ils constituaient un très grave danger d'incendie, surtout en cas d'accident de chemin de fer.

Le thermo-siphon n'exigeait presque pas d'entretien en cours de route et donnait une chaleur bien répartie, quoique encore insuffisante dans les grands froids, mais son foyer maintenait toujours le danger d'incendie (catastrophe de Melun). En outre, le thermo (étant à émulsion, à cause de la chaudière en contre-haut de la partie radiante) exigeait près d'une heure pour sa mise en marche ; il était peu modérable, la plaque radiante du plancher étant à température élevée, endommageait le contenu des sacs de dépêches qui séjournaient dessus ; enfin, les gardiens de bureau, obligés de se tenir sur cette plaque durant la plus grande partie du voyage, se trouvaient dans une situation pénible.

L'utilisation de la vapeur de la locomotive supprimait ces



inconvénients mais en apportait un autre : l'absence de chauffage pendant les manques de vapeur, c'est-à-dire principalement :

a) Pendant les 5 à 6 heures de travail préparatoire en gare avant le départ du train (dans les endroits où il n'y a pas de prise de vapeur pour suppléer la locomotive) ;

b) Lorsque, en cours de route, le mécanicien supprime la vapeur ;

c) La plupart des cas où le wagon-poste est en queue des trains (à cause des « pertes de charge » depuis la tête du train).

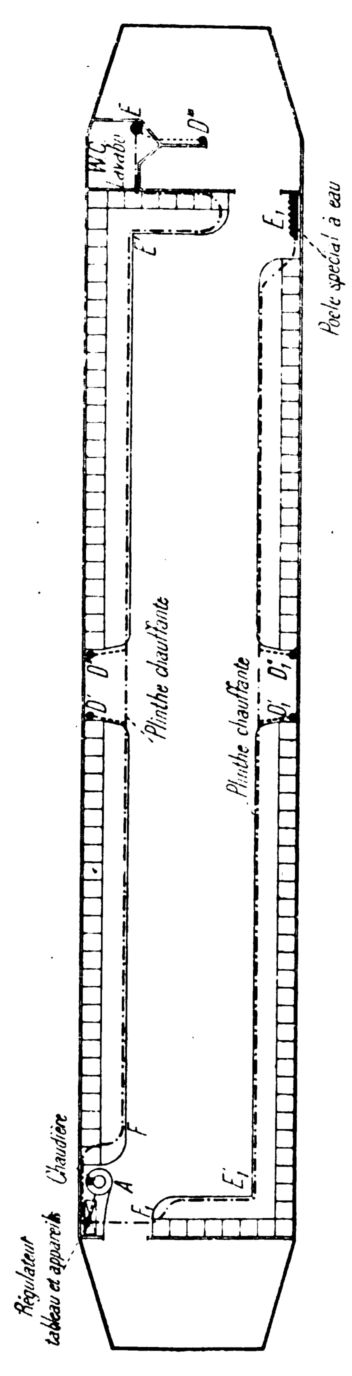
Ce qui fait que ce procédé ne pouvait être utilisé que complété par des poêles de secours et par conséquent en exposant aux inconvénients de ceux-ci. D'autant plus que, malgré les ordres formels d'éteindre et vider les foyers au départ (sitôt l'arrivée de la vapeur), le personnel les gardait fréquemment allumés de bout en bout du voyage, parce que, d'une part, le travail très pressé ne lui permettait pas de les rallumer ensuite à chaque absence de vapeur, et d'autre part, ils amélioraient le chauffage, car les radiateurs à vapeur dissimulés à cause de la très haute température de leurs parois et le manque de places convenables n'étaient pas, en général, assez efficaces. De plus, le personnel souffrait ici aussi du froid aux pieds.

Dans un autre ordre d'idée, rien n'était prévu pour le chauffage électrique qui va résulter de l'électrification progressive de la traction sur un grand nombre de voies ferrées. A la « ligne des Pyrénées » on peut envisager pour l'hiver prochain, qu'au cours d'un même voyage, un wagon-poste pourra se trouver être alimenté tantôt en vapeur et tantôt en électricité.

Le nouveau procédé de chauffage à l'essai paraît éviter les divers inconvénients énumérés et donner en outre une chaleur économique, régulière et hygiénique.

Le wagon-poste est chauffé par une circulation d'eau chaude à 60 degrés seulement. Cette température, qu'un jeu de circulation ne permet pas de dépasser, est sans inconvénient pour le contact du personnel comme pour celui des sacs de dépêches.

L'eau circule dans la plinthe E F, qui se trouve au bas des tables de tri et fait le tour de la voiture par E E'F et E_1 E'_1 F_1



Plan d'ensemble du nouveau procédé de chauffage des wagons-poste.

elle diffuse ainsi la chaleur dans toutes les parties avec maximum aux pieds des agents trieurs.

A son arrivée en F et F_1, elle pénètre dans la chaudière A, se réchauffe en la traversant et revient en E et E_1, d'où elle recommence le circuit.

De petites dérivations chauffantes D', D'', D''', sont placées en supplément aux endroits nécessaires et une disposition de la tuyauterie permet de combattre la sensation bien connue de « froid tombant sur les épaules ».

Il est sans inconvénient que la plinthe soit partiellement recouverte par les sacs, car la température des parties restées libres s'élève alors de quelques degrés (sans devenir excessive) et donne ainsi une compensation suffisante.

La chaudière A fonctionne indifféremment à la vapeur, à l'air chaud mélangé de vapeur, à l'électricité et au combustible. Le passage de l'un à l'autre se fait de lui-même sans aucune intervention, mais avec cette particularité essentielle et caractéristique que si le combustible était allumé il s'éteint immédiatement et automatiquement dès qu'un quelconque des autres éléments alimente le train, et ne peut plus être rallumé tant que cette alimentation se maintient.

Lorsqu'elle vient à manquer, le foyer se remet automatiquement à la disposition du personnel. Un timbre et un voyant avertissent de ces changements (on pourrait d'ailleurs y joindre un enregistreur).

Le personnel sera donc certain d'être toujours chauffé soit par un moyen soit par un autre et l'Administration sera dégagée de toute responsabilité.

Toutefois, il ne suffit pas de dégager sa responsabilité vis-à-vis des Compagnies de chemins de fer ou inversement, il faut pousser au maximum la sécurité contre l'incendie, quel que soit le service responsable.

Dans ce but, dès que la vapeur ou l'électricité font défaut, un volant de chaleur intervient et maintient la température plusieurs heures sans avoir besoin de rallumer le feu.

Or (sauf quelques cas exceptionnels que les Compagnies

peuvent éliminer), on a au moins en cours de route un peu de vapeur de loin en loin (généralement aux stations) et comme le volant se remonte instantanément au moindre envoi de vapeur, il tient la température jusqu'à l'envoi suivant, et ainsi de suite, si bien qu'en pratique, le wagon-poste sera chauffé sur tout son parcours, *sans aucun feu*; la sécurité est donc absolue contre l'incendie.

Avec l'électricité, on ne peut pas faire remonter le volant aussi vite, à cause des perturbations qui pourraient se produire sur les installations de la Compagnie, mais ici, il n'y a plus à craindre en cours de route, les longues absences d'énergie par « perte de charge », comme avec la vapeur. Le volant n'aura donc plus à maintenir la température que dans les stations où la locomotive sera dételée, ce qu'il pourra faire pleinement puisqu'il aura eu la portion de route précédente pour se remonter.

Il y a bien la « panne de courant », mais dans ce cas la traction aussi serait arrêtée sur toute la section et par conséquent on pourrait allumer le poêle sans aucun risque; il s'éteindrait dès le retour du courant.

La sécurité en cours de route est donc absolue aussi avec l'électricité.

Le chauffage avant le départ des trains dans les parcs de garage postaux non pourvus de vapeur (ou d'électricité) se fera au combustible, ce qui n'a aucun inconvénient puisqu'on a vu que celui-ci s'éteint au moment voulu.

Le foyer est d'ailleurs placé au centre d'une grande masse d'eau et un détail de construction fait qu'en cas d'accident le cendrier ne peut être arraché ou broyé sans déchirer le bas de la chaudière et par conséquent le foyer serait inondé.

L'allumage n'a besoin d'être fait que peu de temps avant la prise de service car la mise en marche est immédiate, la circulation de l'eau commençant aussitôt.

Toutefois, on peut, si on le désire, conserver le feu depuis le service précédent (12 heures en « couverture »). Ceci est avantageux pendant les grands froids.

Le volant de chaleur est complété par un isolement thermique

de la voiture appliqué aux points principaux de refroidissement.

C'est cet isolement qui permet au volant de tenir plusieurs heures et contribue en même temps à l'économie et à la puissance du chauffage.

La dépense de combustible, réglée par un régulateur dont il est parlé plus loin, paraît être le cinquième de celle de l'ancien thermo. La nouvelle chaudière comporte une récupération des chaleurs perdues du foyer.

Au cours de mesures effectuées cet hiver, la plinthe E F, bien qu'à 60 degrés seulement, a pu faire monter la température du wagon à plus de 33 degrés.

Un régulateur à main, permet de régler la température au point voulu quelle que soit la source calorique en action. Ce régulateur agit directement sur les sources ; ainsi leur dépense est, dans chaque cas, réduite au strict nécessaire. Il agit aussi sur la circulation d'eau afin de rendre plus rapides les effets de la régulation, surtout dans les reprises de chauffe, en vue de la traversée des régions froides brusques.

Les crans du régulateur correspondent approximativement aux froids suivants :

Cran	faible..........................	+ 10
—	doux..........................	+ 5
—	moyen..........................	0
—	assez fort..........................	— 5
—	fort..........................	— 10
—	— mais avec toutes les ouvertures et rideaux fermés et les plinthes dégagées....................	— 15

Au cours des essais effectués sur Bordeaux-Lyon avec tempête de neige le cran « moyen » a suffi pour maintenir en service plus de 20° à l'intérieur de la voiture.

Pour permettre le plus possible le chauffage à vapeur en queue des trains, les appareils sont réglés pour fonctionner sous une pression très faible de ce fluide.

L'installation comprend en outre des détails tels que :

Le tiédissement de la plate-forme principale afin d'atténuer aux gardiens les effets des brusques changements de température (on peut aussi tiédir les deux plates-formes) ;

le chauffage de l'eau du lavabo et du grand réservoir (commun aux WC) ;

le « basculage » de la grille du foyer pour son nettoyage instantanément, en vue des réallumages éventuels ;

une trompe aspirante à tirage auto-régulateur, etc.

L'eau de circulation contient une dissolution pour éviter le gel lorsque la voiture sera abandonnée plusieurs jours.

Enfin, en cas de dérangements, les appareils sont pourvus de plusieurs moyens de secours.

Tous les mécanismes sont groupés sur un tableau n'ayant que 25 centimètres de largeur ; il est placé contre la paroi de la voiture, à gauche de la chaudière A ; celle-ci d'ailleurs ne donne pas plus d'encombrement que les poêles de secours actuels (barres de protection).

Cette chaudière et son tableau sont au côté de la petite plate-forme. Au côté de la grande plate-forme, l'autre poêle est remplacé par un poêle spécial à eau, dont l'encombrement est pratiquement nul ; ainsi les opérations d' « ouverture » qui se font en cet endroit bénéficient du maximum de place.

Le même appareil s'applique indifféremment à tous les wagons-poste (14 m., 18 m. et 22 m.), le régulateur subit simplement un décalage dans ses crans.

En terminant, je signale que pendant l'été l'installation s'inverse de fonction ; en effet, l'isolement thermique complété par un enduit sur les lanterneaux protège efficacement contre les ardeurs solaires ; le volant lui-même ralentit légèrement les montées de la température, par les calories qu'il absorbe le jour et qu'il reperd la nuit.

TABLE D'OBSERVATION DU SERVICE

AU CENTRAL TÉLÉPHONIQUE SEMI-AUTOMATIQUE DE ZURICH

Par M. BARRAL,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

Le service téléphonique est assuré à Zurich par deux centraux dont l'un est manuel, l'autre semi-automatique du système Mac Berty.

M. Schild, Ingénieur en chef du central semi-automatique a imaginé des méthodes de contrôle qui lui permettent de connaître très exactement la qualité du service fourni par l'installation qu'il dirige.

Il exerce ce contrôle à la fois sur le service manipulant et sur les organes mécaniques.

1° Contrôle du personnel. — A. *Généralités.* — Dans les systèmes de commutations semi-automatiques les appels peuvent être servis indistinctement par toutes les opératrices d'un même central grâce à un système de répartition, il en résulte une manipulation entièrement anonyme.

Le contrôle du personnel doit s'attacher à connaître le rendement des opératrices et la qualité de leur manipulation.

Il n'est pas possible de surveiller d'une façon absolue chaque opératrice, mais il est possible de les observer pendant un temps assez long et assez fréquemment pour pouvoir établir des moyennes.

M. Schild a imaginé et fait construire par son personnel un meuble auxiliaire (1) qui lui permet de mettre en observation à volonté une quelconque des opératrices et d'obtenir sur elle des pointages absolument sûrs et impartiaux.

---

(1) Ce meuble porte le nom de *Dienstbeobachtungspult* ou table d'observation de service.

Afin de comprendre le mécanisme de la table de contrôle de Zurich, il est nécessaire de rappeler en quelques mots les diverses étapes de la manipulation.

Lorsque l'abonné demandeur a décroché son récepteur, sa ligne est prise par un chercheur primaire. La ligne auxiliaire aboutissant à ce chercheur est prise à son tour par un chercheur secondaire qui est relié à un premier sélecteur et l'ensemble de ces deux organes constitue un tout qui est souvent comparé au dicorde d'un manuel, le chercheur secondaire est en quelque sorte la fiche côté demandeur et le sélecteur primaire la fiche côté demandé.

On a pris l'habitude de nommer cette liaison intermédiaire « cordon » par assimilation aux dicordes manuels.

Les cordons sont répartis sur les tables d'opératrices.

Dès qu'un appel a progressé jusqu'à un cordon, une lampe s'allume sur la table qui le dessert. L'opératrice en est prévenue par un toc dans son écouteur.

C'est à ce moment que doit commencer le contrôle de l'opératrice.

Les phases successives sont les suivantes :

1) Dès que l'appel a été annoncé à l'opératrice par un bruit caractéristique, elle dit « j'écoute ».

2) L'abonné annonce son numéro.

3) L'opératrice répète le numéro demandé.

4) L'abonné dit si le collationnement est exact ou erroné ; dans ce cas l'opératrice efface le numéro grâce à la clé « d'effacement » mais seulement si elle n'a pas tapé le chiffre des unités, car si la touche correspondante est enfoncée, l'appel poursuit son cours et elle ne peut plus corriger son erreur.

5) L'opératrice frappe le numéro demandé sur les touches du clavier.

6) Dans le cas où elle n'a pas de réponse quand elle a énoncé les mots « j'écoute » elle se trouve en présence d'un faux appel, elle dirige l'appel sur le 10[e] niveau du sélecteur primaire en enfonçant la 10[e] touche des mille.

7) L'opératrice est avertie que la communication est terminée

et que les deux abonnés ont raccroché leur appareil. Elle doit procéder au relâchement de la connexion, opération qui remet les machines à leur position de repos.

8) Elle doit également relâcher quand il y a non réponse ou occupation du demandé.

Dans un système semi-automatique où le nombre des appareils a été établi en supposant un certain rendement horaire des opératrices, il est de toute nécessité, si l'on ne veut pas courir le risque de surcharger le meuble et de laisser un grand nombre d'appels s'accumuler sur les chercheurs primaires ou sur les tables que les opératrices écoulent à l'heure le nombre d'appels prévus. Il faut également qu'elles limitent le plus possible le temps de manipulation et qu'elles libèrent les cordons dans un moindre délai.

La table permet d'observer les étapes de la manipulation et d'apprécier quantitativement et qualitativement le service des opératrices.

Avant de rentrer dans le détail de la table de contrôle, il est nécessaire de donner quelques indications sur la manière dont s'effectuent les liaisons entre les deux centraux.

Les niveaux des sélecteurs primaires sont affectés aux deux centraux.

Les niveaux impairs correspondent au central semi-automatique d'Hottingen, les niveaux pairs au central manuel de Selnau.

Le numérotage étant basé sur le système à 20.000, cinq niveaux permettent bien de donner accès à 10.000 abonnés du bureau semi-automatique.

Les deux premières touches de la 5e rangée du clavier d'opératrice portent les lettres H et S et correspondent aux bureaux Hottingen et Selnau.

Quand la touche S est enfoncée, le combineur numérique des 10.000 se place sur la position O, quand c'est la touche H ce combineur se place sur la position I.

Dans la position O du combineur numérique, le sélecteur primaire se place devant un niveau impair et dans la position I devant un niveau pair.

Les niveaux impairs aboutissent à cinq positions optiques du bureau de Selnau. Les enregistreurs numériques allument devant ces positions des lampes sur lesquelles sont portés les chiffres de 0 à 9. Les opératrices des positions optiques connaissent par ces lampes le numéro demandé par l'abonné d'Hottingen. Ces lampes sont donc commandées par les opératrices semi-automatiques. L'appel est servi à Selnau avec un monocorde, l'opératrice fait le test du numéro qui a allumé les lampes et établit la connexion dans la forme ordinaire des connexions manuelles (1).

L'opératrice d'Hottingen conserve la supervision de la conversation quand elle relâche la connexion, les lampes de fin s'allument à Selnau et l'opératrice de la position optique retire la fiche du monocorde.

Quand un abonné de Selnau demande un abonné d'Hottingen, l'opératrice manuelle de Selnau connecte le demandeur avec une position manuelle d'Hottingen par une ligne B.

L'opératrice de Selnau demande à celle d'Hottingen le numéro demandé, l'appel est ensuite traité comme un appel semi-automatique ordinaire. C'est l'opératrice de Selnau qui a la supervision de la conversation quand elle a retiré la fiche de la ligne B, la déconnexion a lieu automatiquement à Hottingen.

Ces explications sont nécessaires pour comprendre la description de la table de contrôle.

B. *Description.* — La table de contrôle est constituée par un tableau sur lequel sont reproduites par des jeux de lampes les principales étapes d'une conversation et du travail des opératrices.

Le schéma joint est divisé en trois parties : à gauche les machines, au centre les tables d'opératrices, à droite la table de contrôle.

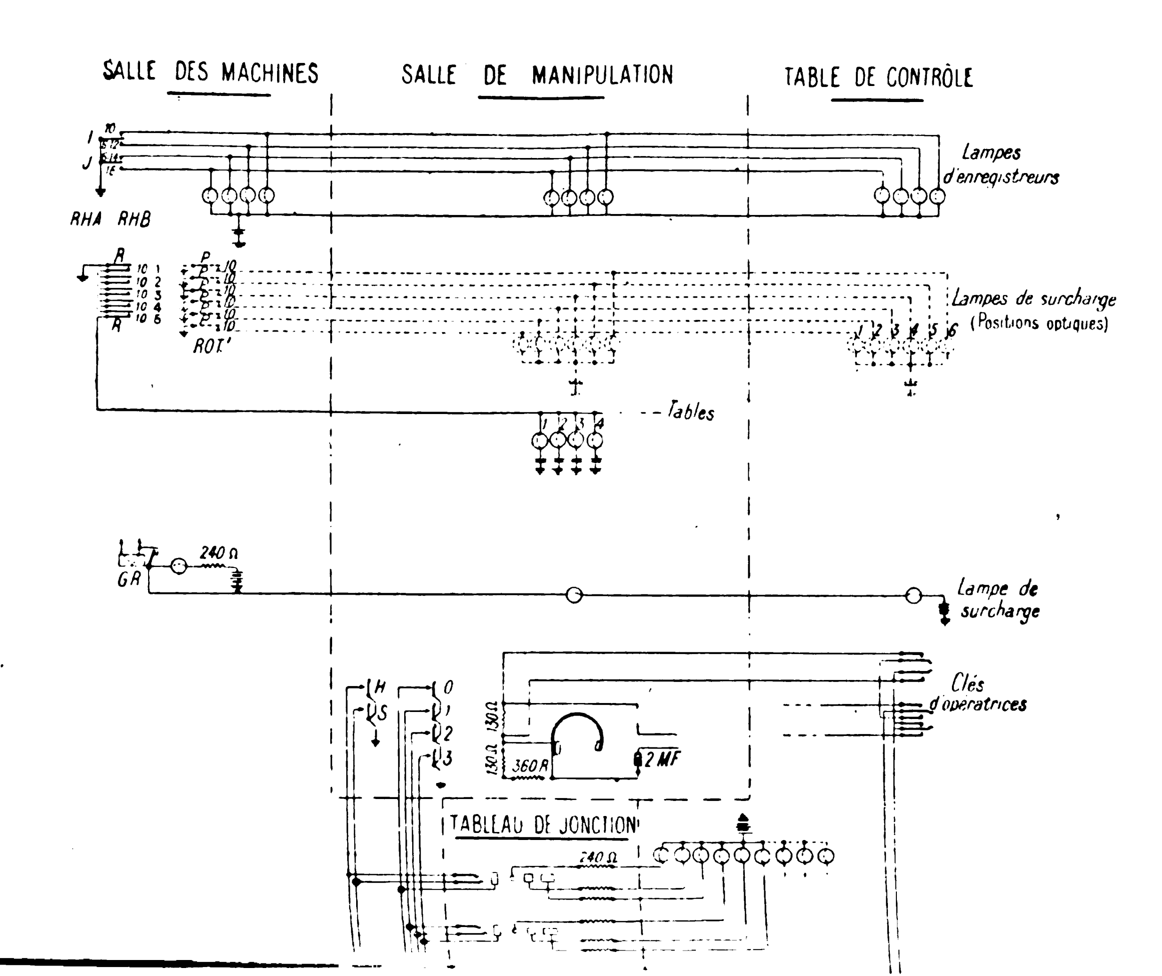
En suivant le schéma du haut en bas l'on voit :

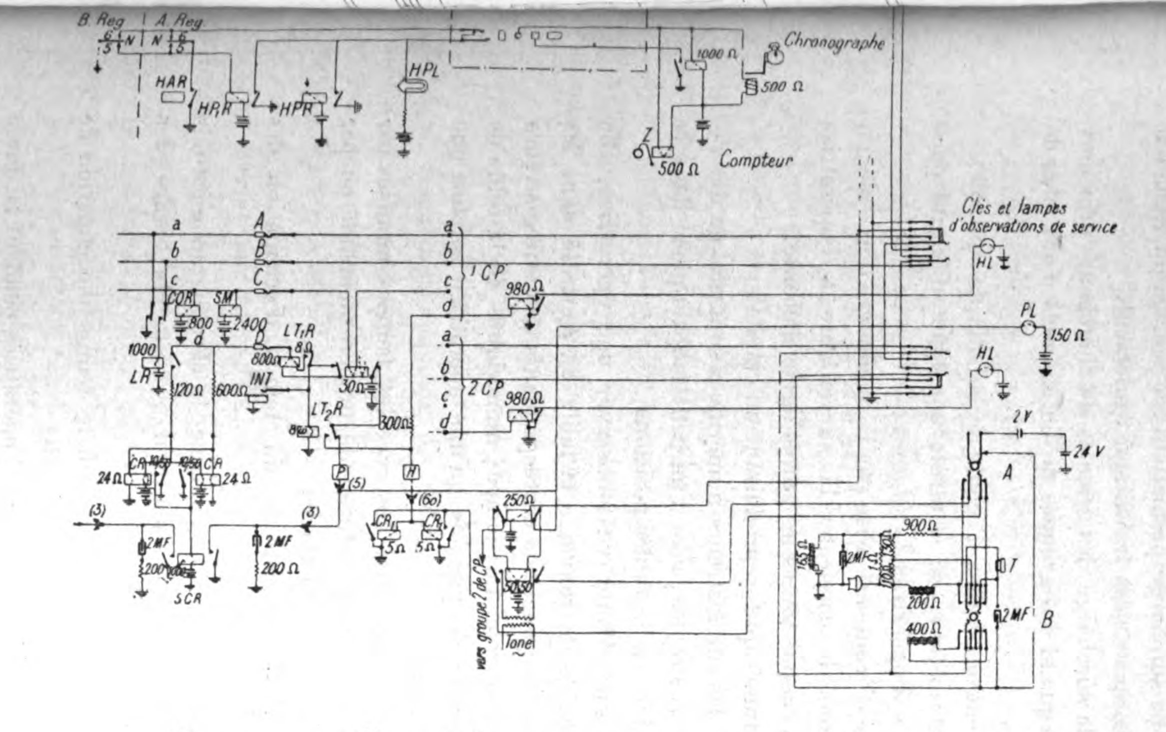
1° Les lampes de progression des enregistreurs des positions A et B. La surveillante peut voir si les opératrices surveillent les communications et si la sélection s'effectue normalement.

---

(1) Ce système d'appel optique est connu sous le nom de « carriage call ».




SALLE DES MACHINES
SALLE DE MANIPULATION
TABLE DE CONTRÔLE
Lampes d'enregistreurs
RHA RHB
ROT'
Lampes de surcharge (Positions optiques)
Tables
240 Ω
GR
Lampe de surcharge
Clés d'opératrices
H
S
130 Ω
360 R
2 MF
TABLEAU DE JONCTION
240 Ω



Central Semi-Automatique (Western Electric Cie)

Schéma de la Table de Contrôle

2° Les lampes de surcharge des positions B.

3° Lampes de surcharge des tables semi-automatiques.

Ces lampes de surcharge permettent de voir si le trafic est normal et si les opératrices travaillent également.

4° Lampes de surcharge des groupes de chercheurs primaires qui s'allument quand les groupes de 60 abonnés n'ont plus de machines.

5° Équipement des lignes d'écoute de la table de contrôle.

Il existe sur la table de contrôle une ligne d'écoute pour chaque position d'opératrice.

Chaque ligne d'écoute est prise par la manœuvre d'une clé qui permet à la fois de connecter la surveillante à l'opératrice observée et de couper toutes les autres lignes d'écoute.

6° Lampes numériques reproduisant un clavier.

Les contacts des enregistreurs numériques sont pris en dérivation et renvoyés sur des jacks d'un petit tableau placé dans la salle des machines (tableau des positions).

Lorsque la surveillante veut observer une opératrice, elle introduit des fiches de renvoi à la table de contrôle dans les jacks du tableau des jonctions correspondants aux enregistreurs de la position observée. Les lampes numériques de la table de contrôle s'allument chaque fois qu'une opératrice enfonce une touche de son clavier.

La surveillante peut ainsi observer les fautes commises par l'opératrice par mauvaise audition du numéro demandé ou par mauvaise manipulation du clavier.

7° Chronographe enregistreur du temps d'occupation des opératrices.

Dès qu'un appel arrive à l'opératrice, le chronographe est mis en mouvement, il s'arrête dès qu'il a frappé le chiffre des unités.

Cet appareil enregistre donc bien le temps d'occupation de l'opératrice (relâchement non compris).

8° Compteur d'appels servis par l'opératrice pendant la durée de l'observation.

C. *Renseignements fournis par le service de contrôle.* — La

table de contrôle renseigne sur la valeur du personnel manipulant. Elle permet de connaître :

1) Le nombre d'appels servis à l'heure (lecture du compteur).

2) Le temps d'occupation de l'opératrice pendant la durée de l'observation (lecture du chronographe).

3) Le coefficient d'occupation de l'opératrice. Ce coefficient est défini par le rapport du temps d'occupation à la durée de l'observation.

Ainsi le chronographe a enregistré 35 minutes d'occupation, pendant une observation de 55 minutes. Le coefficient d'occupation de l'opératrice est $\frac{35}{55} = 0,64$.

4) Les fautes d'audition ou de manipulation au clavier. La surveillante entend en effet, le numéro énoncé par l'abonné, le collationnement de l'opératrice et voit sur les lampes numériques le numéro qu'elle a frappé au clavier.

5) Les différents délais de la manipulation :

a) Temps écoulé entre le toc annonçant l'arrivée de l'appel au casque de l'opératrice jusqu'au moment où elle dit « j'écoute ».

b) Temps écoulé entre l'énoncé du numéro par l'abonné et la frappe du chiffre des unités du clavier.

6) Les fautes de service : bavardage avec les voisines ou avec l'abonné, discussion, demande de répéter le numéro demandé, défaut de collationnement, etc...

Tous ces renseignements sont soigneusement portés sur des fiches disposées à cet effet. Les résultats observés sont totalisés et interprétés.

C'est surtout leur interprétation qui donne une idée exacte de la valeur réelle de l'opératrice.

Ainsi une opératrice a un fort coefficient d'occupation et un mauvais rendement horaire, l'on peut en conclure qu'elle travaille beaucoup, mais est très lente ; la raison est toujours indiquée par la fiche de contrôle. C'est une opératrice qui discute avec l'abonné ou le fait répéter, ou encore cherche les touches de son clavier pour former le numéro.

Au contraire un coefficient d'occupation moyen et un bon ren-

dement horaire prouvent généralement un service régulier et bien fait.

Le nombre total des appels servis au central sert d'indication complémentaire pour savoir si l'opératrice a peu travaillé parce que le trafic était faible ou parce qu'elle négligeait son service.

Les observations de la table de contrôle ont donné des renseignements précieux et ont permis une action sûre et féconde sur les opératrices.

L'on est arrivé aux conclusions suivantes :

Un bon travail est caractérisé par les nombres suivants :

Rendement horaire minimum 430, moyen 450.

Coefficient d'occupation 0,6 à 0,7.

°/₀ des fautes 0,9.

2° **Observation du service.** — A. *Généralités.* — L'observation du service est également faite par la même surveillante à l'aide de la table d'observation du service dont les organes ont été placés, pour plus de simplicité, sur la table de contrôle.

L'observation du service porte sur les délais des diverses étapes d'une conversation :

a) L'observation commence quand l'abonné décroche son récepteur (démarrage du chercheur primaire).

b) La ligne appelante est prise par un chercheur primaire (prise de chercheur).

c) La ligne auxiliaire du chercheur primaire est prise par un chercheur secondaire (prise de cordon).

d) L'appel atteint l'opératrice (prise d'enregistreur).

e) L'opératrice a frappé le dernier chiffre au clavier (manipulation).

f) Les sélecteurs recherchent l'abonné demandé (sélection).

g) La sonnerie appelle l'abonné demandé (sonnerie).

h) L'abonné demandé répond (réponse).

i) Les deux abonnés raccrochent leurs récepteurs (fin de conversation).

j) L'opératrice relâche la connexion (déconnexion).

k) Quand l'abonné demandé est occupé ou ne répond pas.

l'abonné demandeur raccroche (relâchement de la connexion dans le cas de l'occupation et de la non réponse).

l) Cas du faux appel (manipulation du faux appel).

B. *Description et fonctionnement* (1). — Lignes d'observation de service :

Il existe une ligne d'observation par chercheur primaire pour tous les chercheurs de deux groupes. L'observation porte donc sur 120 abonnés. Ces lignes sont prises sur les jacks placés à côté des machines.

Les trois fils de la ligne sont renvoyés à la table de contrôle sur des clés qui sont disposées de manière à couper toutes les autres lignes à l'exception de celle qui est observée.

Une lampe P. L. s'allume quand le chercheur primaire démarre c'est-à-dire quand l'abonné décroche son appareil.

La surveillante abaisse la clé correspondant à cette lampe.

Une lampe H. L. s'allume quand le chercheur primaire est bloqué c'est-à-dire quand la recherche de la ligne appelante est terminée.

Le casque de la surveillante étant en dérivation sur les deux fils de ligne, un toc l'avertit de la prise du cordon.

Elle entend le « j'écoute » de l'opératrice, l'énonce du numéro par l'abonné, le collationnement.

La disparition du bruit de la salle de manipulation l'avertit que le chiffre des unités est enregistré.

Quand la sonnerie commence à fonctionner chez l'abonné elle entend un toc caractéristique, de même quand l'abonné est occupé. Les deux abonnés raccrochent leurs récepteurs (fin de conversation).

Le relâchement de la connexion est signalé par un bruit semblable à celui de la prise d'enregistreur.

L'opératrice note les divers délais à l'aide d'un chronomètre à minute et seconde. Elle met son chronomètre en mouvement (à partir du zéro) quand le chercheur primaire démarre (lampe P. L.).

---

(1) Voir la partie inférieure du schéma.

L'opératrice peut à l'aide d'une clé à deux positions rentrer en écoute, parler à l'abonné demandeur même après la rupture des connexions, elle peut immobiliser une ligne d'abonné pour poursuivre une enquête si elle a observé une irrégularité dans le service (1).

C. *Renseignements fournis par la table d'observation du service.*

Nous avons vu les délais successifs que peut pointer la surveillante de cette table.

Ces délais sont très importants parce qu'ils renseignent le service technique sur le fonctionnement de l'installation et sur l'utilisation des machines.

Ils sont interprétés, donnent des indications certaines sur les travaux d'entretien à faire exécuter, sur l'insuffisance numérique des organes, sur la nécessité d'équilibrer les groupes d'abonnés et de procéder à une nouvelle répartition entre certains groupes, sur les difficultés d'exploitation provenant des abonnés, sur le réseau extérieur.

Les résultats moyens obtenus après de très longues et très minutieuses observations sont les suivantes :

Délai d'attente en trafic normal : 4″ pendant l'heure la plus chargée, 3″ 1/8 comme moyenne de la journée.

Délai de manipulation : 5″ avec un rendement horaire de 450 appels par opératrice.

Délai de sélection ; 5″5 pour les appels semi-automatiques.

7″ pour les appels par position optique.

Déconnexion 2″ après l'apparition du signal de fin de conversation.

Délai d'occupation des machines (intervalle de temps qui s'écoule entre l'instant de l'appel et l'instant de la déconnexion).

126″ pour les chercheurs de ligne.

114″ pour les sélecteurs de ligne.

Délai de réponse des abonnés 13″5.

---

(1) La surveillante note tous les défauts qu'elle observe : faux appels, conversations coupées, relâchements prématurés, bruits, mélanges etc.

Durée de conversation 98″.

D'autres renseignements très utiles ont également été recueillis par la table d'observation de service :

Faux appels 3 °/₀ des appels reçus.

Occupations 7,9 °/₀.

Non réponses 3,9 °/₀.

Fausses connexions 2,8 °/₀.

La table de contrôle et d'observation de service joue à Zurich un rôle très important. Elle est desservie par une surveillante spécialisée.

Pour être certain de l'efficacité et de la sincérité des observations, M. Schild l'a placée dans son bureau.

Cette table est occupée 6 heures par jour. La surveillante consacre deux heures à faire les opérations numériques que comportent ses observations et à établir les fiches journalières.

COMITÉ TECHNIQUE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES

Concours technique en vue du choix de types de tableaux téléphoniques pour abonnés des réseaux à batterie centrale.

A l'heure actuelle, les postes supplémentaires sont encore montés à Paris en batterie locale et, de plus, chaque constructeur est autorisé à vendre aux abonnés des tableaux de son modèle particulier. En vue d'améliorer cette situation, le Comité technique a préconisé (1) la mise au concours de types de nouveaux tableaux, lesquels types deviendraient la propriété de l'Administration et pourraient être construits par tous les fabricants. On réalisera ainsi une standardisation complète du matériel employé dans les installations de tableaux d'abonnés. Dans les futurs tableaux, tous les postes supplémentaires seront montés en batterie centrale.

Le concours dont les résultats ont été examinés par le Comité technique portait sur des tableaux à jacks et sur des tableaux à leviers ; les dispositions matérielles de ces tableaux étaient adaptées soit à la forme d'applique murale, soit à la forme des tableaux sur pieds. Enfin, le Comité technique a examiné des schémas électriques à secret de conversation et des schémas électriques sans secret de conversation.

Il est apparu d'une manière générale que les schémas électriques avec secret de conversation donnent lieu à des conversation de meilleure qualité que les schémas sans secret de conversation. Le Comité technique a émis l'avis que les premiers devaient être adoptés de préférence.

Après un examen complet de toutes les particularités des tableaux présentés au concours, les types imaginés par l'Association des ouvriers en instruments de précision ont été retenus par le Comité technique.

(1) Voir aussi les *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, année 1921, p. 318.

Machines à affranchir.

L'article 13 de la Convention Postale Universelle, conclue à Madrid le 30 novembre 1920, prévoit que l'affranchissement des objets peut être obtenu « au moyen d'empreintes de machines à affranchir officiellement adoptées ».

Certains Offices postaux, ceux de la Grande-Bretagne et de Nouvelle-Zélande notamment, ont déjà autorisé l'emploi de ces machines.

En vue de mettre cette nouvelle facilité à la disposition de la clientèle, la loi de finances de 1923 contient un article autorisant la mise en service de ces appareils.

Deux machines ont été examinées par le Comité technique :

a) L'une d'elles peut être actionnée à la main ou électriquement ; elle permet d'obtenir 5 empreintes d'affranchissement de valeur différente, dont le montant se totalise à la fois à un compteur fixe et à un compteur mobile, installés sur l'appareil. Elle imprime, en même temps que la vignette d'affranchissement, une empreinte d'oblitération comportant la date et l'origine de l'envoi, si bien que les correspondances peuvent être triées dès leur dépôt.

b) La seconde n'imprime qu'une seule valeur d'affranchissement ; elle comporte un compteur fixe à 7 numéros, c'est-à-dire que celui-ci peut enregistrer 9.999.999 impressions ; en outre, elle est actionnée exclusivement à la main. Elle imprime aussi, en même temps que la vignette d'affranchissement, une empreinte d'oblitération comportant la date de l'envoi.

Le Comité technique a émis un avis favorable à l'utilisation de ces appareils sous la réserve qu'avant la mise en vente, chaque appareil serait poinçonné par l'Administration ainsi que cela se fait pour les appareils téléphoniques.

L'Administration prépare une Instruction réglementant l'utilisation de ces nouveaux appareils de manière à assurer la perception régulière des taxes.

Les licences pourront être données aussitôt après le vote de la loi de finances pour l'exercice 1923.

REVUE DES PÉRIODIQUES.

PÉRIODIQUES EN LANGUE FRANÇAISE

Le « dispatching system » par téléphone sur les chemins de fer de l'État belge (*Bulletin de l'Association internationale du Congrès des chemins de fer* : août 1922). — Le « dispatching system » des chemins de fer par le téléphone consiste en ce que, grâce au téléphone, toutes les stations de chemin de fer d'un tronçon de ligne annoncent à un bureau central le passage de tous les trains et que l'opérateur central utilise immédiatement ces renseignements pour faire place nette aux trains de voyageurs et de messageries et activer la circulation des trains de marchandises.

Pour faire apprécier les avantages de ce système, dans un exemple cité par M. Lamalle, directeur au Ministère des chemins de fer de l'État belge, le 29 mars 1922 le train direct nº 15 allant de Namur à Bruxelles partait de Namur avec 40 minutes de retard et à l'heure la plus chargée de la journée. Les trains 6811, 1385, 1177 et 6061 durent se garer pour lui livrer passage et, grâce à l'action vigilante du « dispatcher », ont, chacun, évité le train 15 à 5 ou 8 minutes d'intervalle, c'est-à-dire à intervalle de bloc. Les stations demandaient de garer ces trains beaucoup plus tôt, mais le « dispatcher » connaissant exactement la marche du train direct, a retardé cette opération jusqu'à la limite des possibilités. Le train 15 est arrivé à Bruxelles avec moins de retard qu'il n'en avait à Namur et les trains garés ont suivi le train 15 à 4 ou 8 minutes derrière lui.

Les appareils téléphoniques spéciaux sont du type Western Electric C°. Ils comprennent des appareils à grande impédance, des clés d'appel à code, des récepteurs d'appels à code, et le poste central peut appeler l'une quelconque des stations sans déranger les autres.

PÉRIODIQUES EN LANGUES ÉTRANGÈRES

Les équipements modernes en téléphonie (1) (*The Electrician :* 7 avril 1922). Extrait d'un rapport fait à l'Association des Ingénieurs électriciens, par M. J.-G. Hill.— *Rendements des circuits combinants et du circuit combiné dans un arrangement fantôme.*

Dans le cas où les quatre fils sont disposés, au passage sur les appuis, aux quatre coins d'un carré, le rendement du circuit fantôme est inférieur à celui des circuits combinants. Au contraire, si les quatre fils sont disposés horizontalement, sur la même traverse, c'est l'inverse qui a lieu.

Avec des lignes souterraines, non pupinisées, le rendement du circuit fantôme est encore le meilleur, de sorte que l'on a tout avantage à combiner ces sortes de circuits.

Le rendement des câbles sous-marins mérite également d'être étudié. On peut même établir un second circuit fantôme avec les 4 fils en parallèle à la terre pour retour. Le circuit fantôme métallique pupinisé a même rendement que les circuits composants.

Mais celui qui utilise la terre comme conducteur est bien inférieur aux trois autres ; cette infériorité est due à l'augmentation de la résistance effective que l'on observe sur ces genres de circuits (de 2 à 5 ohms par 1.600 mètres de fil simple à 800 périodes) et qui provient de la réaction du champ du conducteur sur la gaine métallique du câble, ainsi que du chemin de retour qui emprunte l'eau de mer.

En pratique, les rendements relatifs des circuits combinants et du circuit combiné sont déterminés, pour une large part, par des considérations commerciales et d'autres présentées ci-dessous :

Il y a avantage à espacer le plus possible les bobines Pupin pour une inductance moyenne par mile donnée, mais il est facile de montrer que plus on augmente l'écart entre deux bobines consécutives, plus on retranche des fréquences les plus élevées de la voix ; et, à partir d'une certaine limite, les conversations deviennent trop

(1) Compte rendu extrait de l'*Industrie électrique*, n° 721, 1922.

indistinctes pour être encore possibles. Étant donnée la fréquence essentiellement variable des courants téléphoniques, il est alors nécessaire de déterminer par l'expérience l'écart optimum à réaliser. La règle appliquée en Grande-Bretagne jusqu'ici est déterminée par la formule suivante :

$$C\,D\,L = 25$$

où C = capacité du circuit du câble, en microfarads par mile,

D = distance en miles entre deux bobines consécutives.

L = inductance des bobines, en millihenrys.

Cette règle est applicable aux circuits dont la longueur ne dépasse pas 350 miles (565 km.)

Il est économique, pratiquement, de placer en un seul endroit les bobines de réactance des circuits combinants et du circuit combiné. La meilleure économie sur les circuits combinants est également celle de l'ensemble ; la position des bobines doit donc être déterminée par la première condition. Il s'ensuit qu'il n'existe pas de choix pour l'emplacement des bobines du circuit fantôme. La seule chose avantageuse que l'on puisse faire pour ce dernier est d'augmenter son inductance depuis la moitié de celle des circuits combinants jusqu'à la limite donnée par la règle de l'espacement indiquée plus haut. On diminue ainsi le facteur d'amortissement du circuit fantôme, et son rendement peut atteindre pratiquement 15 à 20 pour cent de plus que celui des circuits combinants. (Ce résultat est dû à la capacité relativement petite du combiné et à sa grande inductance spécifique).

Pour obtenir un rendement de transmission donné avec le maximum d'économie dans la pupinisation (pour les deux sortes de circuits) il est avantageux d'appliquer la formule suivante :

$$P = \frac{A}{C}\left(x^2 + 2 + \frac{1}{x^2}\right) + \frac{B\sqrt{C}}{x^2\,H}$$

où P = prix d'un mile de câble à deux conducteurs avec ses bobines de réactance,

$A = RP_1$ où R = la résistance d'un mile de câble une paire connu et P_1 = son prix.

$B = \sqrt{\frac{x}{R}}\,.\,P_2$ où $x = \frac{L_m}{L}$. L_m = inductance maximum du con-

ducteur de résistance R, et L = inductance qui, combinée avec R, donne le facteur d'amortissement demandé β.

P_2 = prix par mile pour obtenir L ; il comprend les bobines et leur logement.

$$C = R\left(x + 2 + \frac{1}{x}\right) = R_2\left(x_2 + 2 + \frac{x_2}{1}\right).$$

Ici, $x_2 = \frac{L_{m2}}{L_2}$, c'est-à-dire l'inductance maximum L_{m2} obtenue en tenant compte de R_2 divisée par une inductance L_2, qui, avec R_2, donne un câble une paire, donne encore β.

R_2 et L_2 sont les inconnues que l'on peut tirer de x_2.

Avantages du récepteur téléphonique émetteur (*Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie :* février 1922). — Dès le commencement de 1917 Lee de Forest avait prévu, lors d'une conversation avec Zenneck, le remplacement possible du microphone par l'écouteur téléphonique dont la faible puissance émettrice serait accrue à volonté au moyen de relais électroniques.

Au cours de l'été dernier Zenneck fit exécuter par deux de ses élèves les expériences suivantes :

On montait d'une part un téléphone Siemens d'un type assez ancien à l'entrée d'un amplificateur à deux étages dont la sortie était connectée à un écouteur moderne de 3.600 ohms. D'autre part on reliait sans amplification suivant le montage ordinaire un microphone du type usuel à un autre écouteur identique au premier. Cette comparaison donna des résultats frappants. Le premier montage reproduisait la parole d'une manière pour ainsi dire idéale lorsque le chauffage des lampes était réglé convenablement : les nuances les plus délicates du timbre de la voix étaient rendues avec la plus grande netteté. Le microphone, au contraire, faisait entendre une voix enrouée et déformait la plupart des intonations caractéristiques ; c'est d'ailleurs le fait qui se produit couramment dans les conversations téléphoniques sur les réseaux en exploitation.

Ces expériences ont démontré d'une manière probante que le récepteur téléphonique doublé d'un amplificateur à lampes donnait, comme transmetteur, des résultats très supérieurs à ceux obtenus

avec le microphone. Sans doute des raisons d'ordre technique et d'ordre financier ne permettent pas d'appliquer un tel dispositif aux installations téléphoniques ordinaires, mais il n'en est pas de même pour la radiotéléphonie, la complication ainsi introduite étant peu de chose en comparaison de l'appareillage important mis en jeu; d'une manière générale, si l'on n'a pas jusqu'ici fait usage de ce procédé c'est probablement parce que personne n'en avait encore apprécié les avantages.

Développement des communications téléphoniques anglo-continentales. (*Telegr. and Teleph. Journal* : novembre 1922.) — Le nouveau circuit téléphonique mis récemment en service entre l'Angleterre et les Pays-Bas vient d'être doublé. Il est possible actuellement de communiquer par téléphone avec Amsterdam, Rotterdam, La Haye, Utrecht et Gouda ; incessamment, le service sera étendu à d'autres villes hollandaises. Le second circuit est venu à propos pour décongestionner le premier devenu insuffisant peu après sa mise à la disposition du public. Lorsque le troisième circuit (combiné) dont l'équipement se poursuit fonctionnera à son tour, on pourra assurer un très bon service entre les deux pays. On voit qu'en teléphonie internationale, la demande dépasse rapidement l'offre. Nous voici loin de l'époque où les mieux informés étaient convaincus que la diversité des langues s'opposerait à l'extension du trafic téléphonique avec les pays étrangers. Les cinq circuits anglo-belges suffisent à peine à écouler les communications échangées entre l'Angleterre et les villes de Bruxelles et Anvers ; les douze circuits avec Paris et les trois avec les grandes villes du nord de la France ne répondent plus à l'importance du trafic anglo-français. On a depuis longtemps organisé, sur le continent, un service d'appels « urgents » : ceux qui veulent ou peuvent payer triple taxe ont un droit de priorité sur les demandeurs ordinaires. Il n'y aurait rien à dire contre ces communications « de luxe » si les communications ordinaires n'étaient de ce fait soumises à des retards anormaux ; or, ces dernières sont souvent illusoires ; il semble donc que le système des appels « urgents » soit plutôt critiquable.

La pauvreté des liaisons téléphoniques internationales en Europe est l'une des fâcheuses conséquences de la guerre. Les négociations poursuivies avec l'Allemagne relativement à des circuits directs, qui devraient fonctionner depuis longtemps, ont été naturellement interrompues en 1914. On espère toutefois arriver à un accord avant longtemps : l'Allemagne a proposé d'établir une communication directe avec l'Angleterre, au moyen d'un câble construit sur les mêmes principes que les câbles de la Prusse Orientale et Germano-suédois dont les circuits téléphoniques sont appropriés à la télégraphie. Ce projet retient actuellement l'attention de l'Ingénieur en chef du Post Office britannique ; sans préjuger des décisions qui seront prises, il est permis de dire que le projet est riche en intéressantes possibilités.

Nous croyons savoir que, de son côté, l'Administration française, étudie un important projet d'extension de son réseau interurbain et qu'elle envisage la pose de nouveaux câbles avec l'Angleterre, d'accord avec le Post Office ; quand ces câbles seront posés, on pourra communiquer téléphoniquement avec les pays qui entourent la France, tels que le Luxembourg, l'Italie et même l'Espagne. En outre, il existe un projet relatif à la concession, du moins la nuit, d'un circuit direct Londres-Bâle, qui fonctionnerait en attendant une amélioration plus importante des communications téléphoniques directes entre l'Angleterre et la Suisse.

On peut voir d'après ce qui précède que d'ici quelques années les relations téléphoniques entre la Grande-Bretagne et le continent seront notablement étendues. La construction des lignes à grande distance immobilise des capitaux énormes, surtout lorsqu'elles comprennent des câbles sous-marins ; mais une fois ces lignes posées, le gain matériel et le gain moral sont considérables. Certains pays plus pauvres que le nôtre s'efforcent d'établir et d'étendre les communications avec leurs voisins, car la téléphonie internationale est devenue non seulement une nécessité économique, mais encore un placement sûr. La réalisation de tous les projets en préparation exigera forcément un temps assez long, mais l'ouverture du service anglo-hollandais est un gage de ce qui suivra. Nous avons le ferme espoir que le service anglo-continental continuera à se développer sans cesse d'une année à l'autre.

Un récepteur téléphonique ultra-sensible (*E. T. Z.* : septembre 1922). — M. G. Seibt avait été amené à constater que l'aimantation continue occasionnée par l'aimant permanent d'un récepteur téléphonique a pour effet de réduire la perméabilité magnétique des pièces polaires et du diaphragme, en courant alternatif. C'est ce qui lui donna l'idée d'établir une dérivation magnétique pour les lignes de force en courant alternatif; ainsi, il n'est plus nécessaire qu'elles passent par l'aimant permanent. Une amélioration appréciable de la sensibilité a été obtenue en utilisant des pièces polaires laminées et une dérivation magnétique appropriée (c'est-à-dire un entrefer de 2 mm. seulement, ce qui réduit la solution de continuité du circuit magnétique à cet entrefer, plus les deux intervalles très petits séparant les pièces polaires du diaphragme). Ainsi, avec l'ancien modèle de récepteur, l'inductance était égale à 0,01 henry, et la résistance, en courant continu, à 60 ohms; le bobinage comprenait 650 spires de fil de 0 mm. 13 sous soie. Le nouveau récepteur accusait la même inductance avec 500 spires seulement ; par suite, on pouvait porter le diamètre du fil à 0 mm. 17, et alors la résistance en courant continu tombait à 30 ohms. La résistance effective en courant alternatif était inférieure à la moitié de celle du récepteur ancien modèle pour des fréquences comprises entre 300 et 2.000 périodes par seconde. Les lames de l'aimant, épaisses de 0 mm. 25, étaient formées d'un alliage spécial (4 °/₀ de Si) ; le diaphragme consistait en un disque fait du même métal et ayant même épaisseur que les lames de l'aimant; ce diaphragme remplaçait le disque de 0 mm. 16 en tôle américaine « ferrotype ». L'amplitude des vibrations du nouveau diaphragme était égale à 2, 4 fois celle des vibrations du diaphragme du récepteur ancien modèle.

Un téléphone haut-parleur (*The Electrician :* novembre 1922). — On sait à quels efforts physiques sont soumis les orateurs qui prennent souvent la parole devant de vastes auditoires. D'autre part, le nombre des personnes qui peuvent suivre l'orateur sans difficulté varie suivant l'acoustique de la salle, la nature de l'auditoire et suivant que l'orateur parle dans une salle fermée ou en plein air. Les discours faits en public jouent un rôle de plus en plus important

dans la vie sociale et commerciale ; c'est pourquoi on demandait depuis plusieurs années un téléphone haut-parleur satisfaisant.

Le problème était loin d'être aussi simple qu'il le paraissait à première vue. Il ne suffisait pas d'associer un bon appareil téléphonique à de bons organes acoustiques. En effet, l'ensemble de l'installation doit fonctionner de façon que la parole ne soit pas déformée et que les inflexions si délicates de la voix soient respectées en dépit des diverses transformations et amplifications imposées à l'énergie électrique.

Le téléphone haut-parleur de la « Western Electric » répond à toutes ces conditions. Sa valeur pratique a été reconnue à la suite de plusieurs expériences mémorables. C'est ainsi que le 11 novembre 1921, jour de l'inhumation du soldat américain inconnu au cimetière d'Arlington, le président des États-Unis a pu se faire entendre de cent mille personnes. Le duc d'York s'est servi d'un système analogue pour inaugurer, sans quitter le palais de Buckingham, l'exposition maritime qui a été ouverte le 15 novembre 1922 dans la Galerie de l'Agriculture. Aux yeux du profane, l'installation se réduit à huit porte-voix énormes chargés de répéter le discours prononcé par l'orateur.

Le microphone utilisé par celui-ci est logé dans une boîte suspendue à des supports spéciaux destinés à amortir les vibrations mécaniques qui pourraient nuire à la bonne qualité des sons à transmettre. Il est sensible à la voix de l'orateur parlant à une distance de un à deux mètres, et même s'il ne parle pas juste en face de l'appareil. La personne qui parle est donc entièrement libre de ses mouvements. Le microphone est construit pour reproduire toutes les variations de timbre. Tout en restant sensible pour une large bande de fréquences, le microphone est protégé contre tout effet de résonance et toute variation de débit, qui, même très faibles auraient une répercussion fâcheuse sur le fonctionnement de l'ensemble de l'installation.

La boîte où est logé le microphone a un diamètre de 12 centimètres environ. Le microphone ne possède pas d'embouchure. Le courant microphonique est commandé par un rhéostat spécial monté sur un panneau d'amplificateurs. Au cas où l'installation com-

porte plusieurs microphones, on peut à volonté utiliser l'un ou l'autre en recourant à un commutateur placé sur le tableau de commande des microphones.

La construction des amplificateurs a été l'objet de soins spéciaux en vue d'éviter toute distorsion. L'installation de la Galerie de l'Agriculture comprend des amplificateurs de deux modèles différents. Le premier amplificateur reçoit et renforce les faibles courants du circuit microphonique ; il est à trois étages ; entre chaque étage, et avant le premier, il existe un dispositif de réglage. Le second amplificateur est un amplificateur d'énergie à un seul étage comprenant quatre lampes.

Les récepteurs haut-parleurs sont du type à armature équilibrée. Ils sont extrêmement sensibles, et reproduisent de gros volumes de voix sans distorsion appréciable. L'électro-aimant est logé dans une petite boîte métallique à laquelle peut être fixé le porte-voix qui guide et disperse les sons. Les porte-voix varient suivant le service qu'on en attend. Pour un auditoire très nombreux, on emploie des porte-voix longs de trois mètres, de forme rectangulaire et en bois. Pour les conférences en salle fermée, on se sert de porte-voix plus petits d'une longueur de 75 centimètres environ. Ils peuvent être droits ou recourbés suivant la position qu'ils doivent occuper.

L'intensité des sons émis par chacun des porte-voix est réglée au moyen d'un transformateur spécial : chaque groupe de récepteurs est commandé par un commutateur à cadran. Les récepteurs sont montés sur un panneau spécial qui porte le nom de « panneau de commande du volume ». D'ordinaire, ce panneau permet de servir sept circuits de réception et une ligne d'ordre. Dans des conditions normales, un seul récepteur est commandé par chaque commutateur à cadran. Au cas où il y a plus de sept récepteurs, chaque commutateur commande un groupe de deux ou trois récepteurs.

L'installation fonctionne de la manière suivante :

L'orateur parle à une distance convenable du microphone qui transforme exactement sa voix en un faible courant alternatif, qui est renforcé notablement par le premier amplificateur. Il passe dans le second amplificateur, dont le débit est réglé par l'opérateur qui tient compte des indications qui lui sont fournies par divers

postes d'observation. Le nombre et l'emplacement des récepteurs dépendent du genre d'installation.

D'ordinaire, les récepteurs sont montés sur une superstructure ayant même largeur que la tribune et suspendue à environ 7 m. 50 au-dessus de celle-ci. Le nombre, la dimension et l'inclinaison des porte-voix dépendent de la nature et de l'étendue de la salle. Dans des conditions normales chaque porte-voix forme un angle de 35 ou 45 degrés avec l'horizontale; il faut de huit à dix porte-voix lorsque l'auditoire entoure la tribune de l'orateur. L'inclinaison des porte-voix a un effet marqué sur la portée des sons. Il faut éviter à tout prix un couplage entre les récepteurs haut-parleurs et le microphone ; c'est pourquoi il faut régler convenablement la pente des porte-voix, en particulier de ceux qui se trouvent placés directement au-dessus du microphone. Les phénomènes de couplage ne manqueraient pas de se produire si les sons émis par les porte-voix étaient assez puissants pour actionner le microphone à distance. En général, les récepteurs sont groupés et non disséminés dans la salle ; de cette manière l'auditoire a l'impression que le son vient directement de la tribune où parle l'orateur, et non de plusieurs sources différentes. On règle les récepteurs haut-parleurs de façon que le volume de voix soit juste suffisant ; sans cela la parole ne serait pas reproduite avec son timbre naturel.

Il faut supprimer les bruits parasites qui pourraient nuire à une bonne transmission de la voix. Avant tout, il faut éviter tout bruit au voisinage du microphone, c'est-à-dire éviter de remuer les pieds ou les sièges, ne pas causer sur la tribune, fermer doucement les portes, etc., car les bruits amplifiés comme la voix de l'orateur seraient perçus par tout l'auditoire et l'impressionneraient défavorablement. En prenant quelques précautions, pour éviter que ces bruits soient enregistrés par le microphone, on arrive à régler les récepteurs de façon que la parole de l'orateur parvienne seule à l'auditoire.

Les « commandements » de l'abonné au téléphone

(*Telegraph and Telephone Age* : janvier 1923). — Le Bureau des services publics du Wisconsin (États-Unis) a établi à l'usage des

abonnés au téléphone une liste de règles qui, si elles sont suivies, « contribueront non seulement à améliorer le service téléphonique, mais encore à faciliter les relations économiques et sociales ».

1° Répondez immédiatement au téléphone. Si vous n'êtes pas la personne demandée, prévenez celle-ci sans tarder. Au cas où elle serait momentanément absente, prenez la communication à sa place.

2° Evitez les mots inutiles. Répondez simplement en disant : « Ici, M. X... de telle maison ou de tel service ».

3° Ayez toujours sous la main un bloc-notes et un crayon.

4° Parlez poliment. Ne répondez pas un appel sur un ton bourru.

5° Parlez à 1 cm. du microphone. Si l'on vous coupe, n'agitez pas pas éperdument le crochet pour rappeler l'opératrice ; abaissez-le lentement une seule fois et laissez-le remonter de même.

6° L'abonné n'aime pas qu'on lui demande de « garder la ligne ». Si quelqu'un doit attendre, c'est l'appelant et non le demandé.

7° Ne gardez pas la ligne plus longtemps qu'il n'est nécessaire, car d'autres personnes peuvent vous demander entre temps.

8° Signalez tous les dérangements à la Compagnie, dont l'unique souci est de vous assurer le meilleur service possible.

Quelques notes sur la T. S. F., par le Professeur G. W. Howe (*The Electrician* : décembre 1922). — *Réception sur cadres et sur antennes et les effets de polarisation des ondes.* — La très grande importance du sujet a attiré l'attention des chercheurs désireux d'arriver à donner des conceptions et des règles claires du phénomène.

a) *Parfaite conductibilité de la terre et de l'atmosphère.* — C'est le cas idéal ; en chaque point de l'onde électromagnétique, il y a trois directions qui peuvent être déterminées : celles du champ électrique, du champ magnétique et de la propagation de l'énergie. Pour le cas considéré, la transmission ayant lieu par antenne verticale, la terre étant conductrice et l'atmosphère parfaite et illimitée, le champ électrique serait vertical à la surface de la terre, le champ magnétique horizontal et la direction de propagation tangentielle à la terre. Une telle onde est dite polarisée verticalement ou polarisée dans un plan vertical. La première expression est

seule strictement applicable à la surface de la terre, car ce n'est que là où le champ électrique est vertical ; la dernière est la plus généralement vraie, car la ligne de force ne se trouve pas en totalité dans un plan vertical, et en outre, ce plan vrai passe à travers la station de transmission : l'onde peut être polarisée dans un plan vertical radial. Le champ magnétique en chaque point est perpendiculaire au plan de polarisation. Si l'onde avait ce caractère idéal, un cadre vertical tournant autour d'un axe vertical indiquerait, sans erreur expérimentale, la direction exacte de la station émettrice, quand placé sur le côté et à grande distance de cette station, aucun flux magnétique ne l'atteindrait. C'est pourquoi aucune f.é.m. ne serait induite dans ce cadre. A un autre point de vue, le champ électrique induit deux f.é.m. égales et opposées dans les deux côtés verticaux du cadre, ne donnant de la sorte aucun résultat.

Effets de la résistance uniforme. — Si nous quittons ces conditions idéales en abandonnant l'hypothèse d'une conductibilité infinie de la terre, et en lui substituant l'hypothèse de la résistance uniforme, la radiation sera toujours uniforme en toute direction à la surface de la terre, mais le champ électrique ne rencontrera pas la surface de la terre normalement : il fera un certain angle avec la direction de propagation. Le champ électrique sera toujours dans des plans verticaux radiaux et le champ magnétique sera toujours horizontal et concentrique autour du transmetteur. La direction de propagation ne sera plus horizontale, puisque l'énergie est transmise à quelque distance à l'intérieur de la terre. Un cadre vertical tournant autour d'un axe vertical donnera toujours la direction exacte de la transmission. Dans l'un et l'autre des cas de cette espèce, si l'axe autour duquel le cadre tourne est placé horizontalement le long de la direction du champ magnétique, aucun signal ne sera obtenu même en faisant tourner le cadre, puisqu'aucun flux magnétique ne peut influencer les spires : c'est la seule position de l'axe pour laquelle il en soit ainsi.

Effet de concentration uniforme dû à la couche réfléchissante. — Si maintenant on admet que dans l'atmosphère supérieure il y a une couche uniforme concentrique réfléchissante, elle ne peut intro-



duire aucune f.é.m. si ce n'est dans le plan vertical. Elle modifiera la composante horizontale de f.é.m., la renversant complètement si la réflexion est complète, mais sans introduire aucune composante en dehors du plan radial vertical. Après avoir subi une telle réflexion, l'onde arrivant à la surface de la terre aura exactement le même caractère que celle considérée primitivement et le cadre indiquera la direction exacte cherchée.

Conditions pratiques de transmission. — En pratique, la transmission sur antenne peut envoyer des ondes d'un type entièrement différent de celui utilisé jusqu'à présent. Dans une antenne symétrique en T ou en parapluie, les courants horizontaux se neutraliseront mutuellement aussi loin que leur effet est en phase, mais, dans une antenne du type dirigé ou en L renversé, il y a un grand nombre de courants dans la partie horizontale qui rayonne des ondes non équilibrées par rapport au champ magnétique dans des plans verticaux et dans les plans du champ électrique, à travers le fil horizontal. En ne tenant pas compte de toute dissymétrie dans la terre ou dans la couche d'Heaviside, une telle onde arrivant en un point éloigné en direction rectangulaire par rapport au fil horizontal ne peut seulement avoir qu'un champ électrique horizontal et un champ magnétique dans le plan vertical de la propagation. Le champ magnétique ne sera pas cependant vertical ; s'il l'était, l'onde ne pourrait avoir aucun effet sur le cadre. Des ondes du type considéré seraient considérablement amorties par la terre ; celles qui atteindraient un point éloigné seraient celles qui auraient été réfléchies de la couche d'Heaviside et le champ magnétique serait incliné. S'il est décomposé en ses composantes verticales et radiales horizontales, la dernière induira le maximum de f.é.m. dans la bobine quand elle est sur le côté ou dans la position du zéro théorique, ce qui nécessitera un déplacement de la bobine pour obtenir le silence. Si l'axe de rotation du cadre est abaissé dans le plan radial vertical jusqu'à ce qu'il coïncide avec le champ magnétique, ce champ ne peut agir sur le cadre, car pour toute station de réception ayant une direction différente de la direction normale à l'antenne émettrice, la réflexion de la couche d'Heaviside enverra une onde dont le champ magnétique sera non seulement incliné vers l'avant, mais également sur le côté.

Ce champ ne peut être décomposé en ses trois composantes verticale, horizontale radiale et horizontale tangentielle. La première n'aura pas d'effets sur un cadre à axe de rotation vertical ; la deuxième et la troisième conduiraient à de faux zéros.

b) *Terre uniforme et couche d'Heaviside.* — Tous ces arguments sont basés sur l'hypothèse d'une terre uniforme et parfaite et d'une couche d'Heaviside. Tout défaut d'uniformité dans l'une ou dans l'autre, introduirait des complexités d'un caractère très indéterminé, mais tendant, généralement, à la production d'ondes du týpe précisément considéré. Dans le quatrième paragraphe de sa communication, M. Smith-Rose dit : Le calcul montre que « la nuit et particulièrement sur de longues distances, une telle onde réfléchie serait en grande partie, si ce n'est entièrement, polarisée horizontalement. » Je ne sais pas quelles terres peuvent exister pour cela, mais, pour moi, cela m'apparaît improbable et je pense que des particularités et des références ultérieures devraient être données pour l'étayer. Le traité mathématique le plus complet et le plus récent des transmissions à grande distance est dû au Professeur G. N. Watson qui a calculé la force du signal reçu en des points éloignés dans l'hypothèse d'une couche d'Heaviside de propriété logique. Il ne fait pas l'hypothèse que les ondes sont polarisées horizontalement, mais il considère les ondes du type idéal et il obtient des résultats qui concordent approximativement avec les résultats d'expériences. Eckersley a montré que les résultats anormaux connus sous la désignation d'« effets de nuit » sont probablement causés par des ondes polarisées horizontalement, mais ce sont des phénomènes exceptionnels. Quand M. Smith-Rose dit « que les ondes seront en grande partie, si ce n'est entièrement polarisées horizontalement », il veut probablement dire que le champ magnétique sera dans le plan vertical de propagation ; mais s'il en est ainsi, il ne peut induire aucune f.é.m. ni dans le cadre lorsqu'elle est dans la position maximum, ni dans une antenne de réception ouverte et l'un et l'autre doivent être également à l'abri de l'affaiblissement, sauf si l'on croit que les signaux ont une plus grande netteté. Quoique ce ne soit pas explicitement dit, la note laisse plutôt entendre que la réflexion peut convertir une onde polarisée verticalement en une onde polarisée horizon-

talement ; cela n'arriverait pas, à moins que la surface réfléchissante de la couche d'Heaviside ne soit inclinée.

Le problème acoustique en broadcasting (*The Electrician* : décembre 1922). — La transmission électrique de la voix et de la musique par la radiotéléphonie soulève des problèmes de téléphonie ; ils ont leur origine au microphone, car il est nécessaire de transformer les vibrations sonores émises par les cordes vocales en vibrations électriques, au moyen du microphone. Cette transformation doit s'effectuer sans la moindre distorsion.

Les travaux considérables des Ingénieurs des Téléphones ont permis de connaître très exactement les déformations de la voix introduites par les lignes téléphoniques. En radiotéléphonie, nous avons une ligne constituée par l'espace (elle doit être regardée comme étant sans distorsion) et un courant porteur qui cheminera sur cette ligne. A l'émission, le problème à résoudre consiste à engendrer un courant porteur pur, puis, à le moduler, c'est-à-dire à lui donner l'empreinte de la voix ; à la réception, à le démoduler de telle façon que la voix soit nette et naturelle.

Les parties essentielles d'une transmission de broadcasting. — Tout d'abord, le microphone : il doit être parfaitement fidèle sur une grande bande de fréquences, qui, ici, seront un peu plus élevées que dans le cas de la téléphonie. Une très bonne parole peut être transmise pour des fréquences comprises entre 400 et 2.400 périodes ; la musique exige des fréquences plus élevées. Les personnes devant parler au public doivent apprendre à articuler et à causer devant le microphone de la station. Si cet appareil est du type normal, il doit être tenu à quelque distance de la bouche ; lorsqu'il est du modèle spécialement construit pour le broadcasting, il faut veiller à ce que ses supports ne puissent nuire à la qualité de l'exécution. D'où la nécessité d'avoir un microphone qui soit fidèle sur une grande bande de fréquences ; il faut, de plus, que sa sensibilité permette aux artistes et orateurs de parler à une distance de 1 mètre à 1 m. 20 de l'appareil.

L'installation électrique doit pouvoir créer et moduler le courant porteur avec les plus grandes qualités de pureté et de fidélité souhai-

tables tout en permettant d'obtenir le meilleur rendement du poste. Ceci est possible depuis la construction et le développement des tubes à vides puissants capables de manier de grandes quantités d'énergie sans la moindre distorsion, ce qui constitue un des plus surprenants progrès des temps modernes.

A la station de réception, il faut convertir les ondes reçues en vibrations sonores, cette nouvelle transformation implique de laborieuses recherches. Jusqu'à ce jour, la radiotélégraphie n'a utilisé que les signaux Morse ou autres (emploi de courants sinusoïdaux de fréquence unique). Pour effectuer la réception de tels signaux l'emploi des appareils usités en télégraphie ne peut plus convenir aux réceptions de radiotéléphonie, c'est-à-dire pour la réception de courants sinusoïdaux de fréquences variables. Par exemple, c'est un fait bien connu que la méthode consistant à utiliser la réaction produite par un couplage soit électrostatique, soit électromagnétique entre la première grille et une des plaques suivantes, accroît considérablement la sensibilité de l'appareil. Mais, en faisant ainsi, il se trouve que la sensibilité varie avec la fréquence, de sorte qu'une très bonne transmission de la voix est quelque peu altérée. Par conséquent, si cette méthode est à conseiller pour la télégraphie, elle ne devrait pas être utilisée pour le broadcasting.

Ensuite, la construction des transformateurs joue ici un rôle fondamental, car on ne saurait éviter la distorsion toutes les fois que le rapport de transformation aux fréquences audibles ne sera pas sensiblement constant pour les bandes de fréquences considérées.

Les récepteurs à leur tour (types serre-tête ou ordinaire) sont sujets à introduire de la distorsion. Nous savons que la membrane d'un récepteur ordinaire a tendance à résonner vers 800 périodes. Il en résulte que chaque fois qu'un chanteur ou qu'un instrument émettra une note voisine de cette fréquence, il y aura distorsion. Ceci est encore plus sensible avec les haut-parleurs ou avec des appareils ordinaires.

De nombreux essais ont été faits en vue de réaliser des hauts parleurs vraiment efficaces, dont la membrane n'ait qu'une très faible tendance à résonner. Il est superflu de s'appesantir sur la nécessité d'apporter le plus grand soin à la fabrication des amplificateurs

destinés à alimenter les haut-parleurs, car tout accroissement d'énergie pour une fréquence, par rapport à une autre, accroît la distorsion.

On a songé à faire usage de porte-voix. Des expériences récentes montrent qu'il existe très peu de porte-voix servant, à amplifier les sons produits électriquement, qui soient vraiment parfaits : leur tendance naturelle est d'accentuer certaines notes par suite d'effets de résonance.

Enfin, pour terminer, l'exploitation d'une station de Broadcasting exige du personnel des aptitudes spéciales : nécessité de posséder une certaine compétence musicale et littéraire pour élaborer les programmes de valeur artistique, pour les exécuter. Les artistes devront s'habituer à chanter dans des salles beaucoup plus petites et dépourvues de tout accoustique. Les diverses parties du programme devront être séparées par l'intervalle réglementaire de deux minutes, sans toutefois le dépasser ce qui énerverait les auditeurs.

Développement prodigieux de la radiotéléphonie d'information aux États-Unis (*Telegr. and Teleph. Age :* novembre 1922). — Le gouvernement américain célèbre le premier anniversaire du service radio-électrique d'informations officiellement autorisé ; jetant un coup d'œil en arrière, il constate qu'en une seule année, ce qui n'était qu'une simple expérience est entré profondément dans les habitudes de la population.

Aujourd'hui, on compte aux États-Unis 542 stations émettrices autorisées. De la côte est à la côte ouest et du Rio Grande à la frontière canadienne, elles parsèment la carte du pays. Chaque jour, au bénéfice de plusieurs millions de citoyens, elles transmettent des concerts et propagent des informations d'ordre scientifique, politique et commercial. On ne saurait indiquer le nombre exact de postes récepteurs.

Il y a un an, il n'existait qu'une seule station émettrice autorisée : celle installée à Newark par la Compagnie Westinghouse. Aujourd'hui, on en compte douze dans l'État de New Jersey. Ladite compagnie avait pris sa licence en septembre 1921 ; celle-ci était

la troisième délivrée par les autorités. Parmi les douze stations de l'État de New Jersey, quatre sont installées à Newark.

Divers autres états en possèdent davantage. La Californie vient en tête avec 66 stations émettrices. Viennent ensuite : l'Ohio avec 35, l'État de New York avec 30, la Pennsylvanie avec 29, le Texas avec 28, le Wisconsin avec 23, le Kansas avec 15 et le Michigan avec 11 stations émettrices. La précipitation des derniers entrés dans l'arène — précipitation d'autant plus remarquable que le nouveau service ne rapporte guère aux intéressés qu'un surcroît d'estime — a été cause de perturbations (brouillages) dont souffre le service assuré aux auditeurs répartis un peu partout sur le territoire des États-Unis.

C'est au printemps dernier que les demandes de licence ont commencé d'arriver nombreuses dans les bureaux officiels du service radio. Fin février 1922, on n'avait pas accordé 60 licences ; fin avril, ce nombre était passé à plus de 200. En mai, on accordait 97 licences nouvelles ; bien que ce chiffre ait établi un record, rien ne dit que la délivrance des licences touche à sa fin. En effet 39 nouvelles demandes ont été déposées dans le courant de septembre.

L'empressement avec lequel le public américain s'est porté sur ce nouveau mode de distraction, dont il ne saurait se passer maintenant, est un fait unique dans les annales des grandes inventions. Il est d'autant plus remarquable qu'en Europe la radiotéléphonie d'amateurs commence seulement à gagner la faveur du public.

Le service radioélectrique d'informations en Angleterre. La marque d'autorisation (*The Electrician* : octobre



1922). — On sait quelles conditions devront remplir les postes radioélectriques privés pour être autorisés à fonctionner par le Post-

master General. Sir William Noble a fait connaître que chaque installation approuvée serait estampillée, puis retournée aux membres de la « Broadcasting C° » qui pourront s'y reporter toutes les fois qu'ils le jugeront nécessaire. L'estampille portera les mots « Type approved by the Postmaster General. B B.C. » disposés comme le montre la figure ci-contre. Les acquéreurs éventuels feront bien d'exiger cette marque, car, lorsque le service commencera, seuls pourront être légalement employés les appareils portant l'estampille.

Radiotéléphonie à grande distance (*Verkehrstechnik* : avril 1922). — Une conférence sur les émetteurs téléphoniques à lampes a été faite à la Société allemande de physique technique par un ingénieur en chef de la Société de télégraphie. Dans les essais rapportés par le conférencier, il ne s'est produit aucune déformation accidentelle de la parole. Quand il y eut des déformations, ce fut pour les faire concourir à l'amélioration de la pureté des paroles. On peut y arriver à l'aide de certains montages. Par exemple, on arrive à transformer la voix de basse d'un homme en une voix de jeune fille. Le but de ces déformations intentionnelles est de rendre de nouveau distincts au moyen d'une surcompensation (Ueberkompensation) les sons de certaines consonnes qui se brouillent à cause de l'insuffisance du microphone. Ce procédé fournit même à la téléphonie sans fil un avantage sur la téléphonie ordinaire où la parole n'est pas toujours très nette.

Les courbes d'oscillations compliquées des voyelles enregistrées par un oscillographe qui mettent en évidence la surcompensation cherchée, suscitèrent un gros intérêt. Enfin, le conférencier parvint à cette conclusion qu'on a trouvé les moyens techniques de mener, par dessus le réseau des lignes déjà existantes, des conversations radiotéléphoniques à des distances aussi grandes que l'on veut et cela mieux encore lorsque le problème des liaisons bilatérales par radiotéléphonie sera résolu.

La théorie du fonctionnement du condensateur à « onde courte ». (*Electrical Review :* mai 1922). — Considérons le dis-

positif de la figure 1 ; si les valeurs de l'inductance et de la capacité sont telles que l'on ait $L\omega = 1/C\omega$, le circuit total ne sera par-

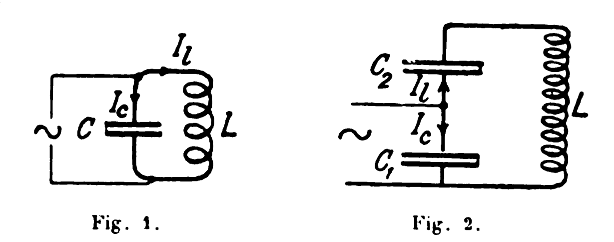


Fig. 1. Fig. 2.

couru par aucun courant de pulsation ω que pourrait fournir un alternateur ;

Si le condensateur unique de la figure 1 est remplacé par deux condensateurs en série (fig. 2) et si le circuit $L\,C_1\,C_2$ est accordé pour la fréquence u, le dispositif ne peut être parcouru par les courants de la source de fréquence u. On a :

$$I_l = V\left(L\omega - \frac{1}{C_2\omega}\right) \qquad I_c = V\left(\frac{1}{C_1\omega}\right)$$

puisque par hypothèse, on a :

$$L\omega = \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{\omega}\left[\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right].$$

La valeur $L\omega$ est plus grande que $1/C_2\omega$; il en résulte que le vecteur du courant I_l est en arrière de 90° sur la tension V. Si nous faisons $I_l = I_c$, le courant de la source sera nul ; pour cela nous devons avoir :

$$L\omega - \frac{1}{C_2\omega} = \frac{1}{C_1\omega} \text{ ou } L\omega = \frac{1}{\omega}\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right),$$

ce qui est l'hypothèse faite précédemment. En réalité, la résistance des circuits provoque un déphasage tel que la source fournit un certain courant pour compenser les pertes. Le dispositif de la fig. 3 est équivalent aux montages précédents, il est utilisé pour une installation de radiotélégraphie de 600 mètres de longueur d'onde. L'inductance de l'antenne est de 52 microhenrys et sa capacité égale à 0,006 microfarad. La self-induction L_3 est de 28,9 microhenrys, les capacités $C_1 + C_2$ valent 0,0064 microfarad. Pour une fréquence

de 500.000 périodes par seconde, les condensateurs se divisent en deux parties de capacités 0,0035 et 0,0029 microfarad qui, en série,

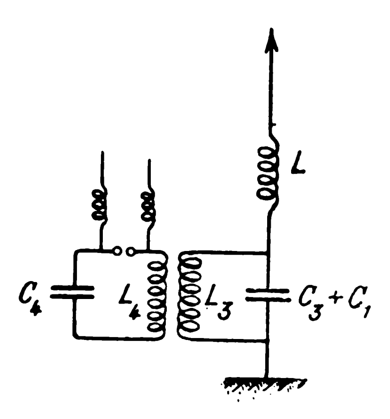


Fig. 3.

avec les inductances des circuits, donnent un circuit accordé pour les ondes de 600 mètres. — *F. Addey.*

Radiotélégraphie dans les mines (*Telephony* : novembre 1922). — Les réseaux téléphoniques des mines de charbon, dont certains sont très développés, donnent toute satisfaction lorsque les conducteurs sont bien isolés. Mais, ils sont exposés à des dérangements assez fréquents en raison des éboulements, de l'usure des enveloppes isolantes ou de la très grande humidité ambiante. De plus, en cas d'acident, il arrive parfois que le réseau est mis hors d'usage au moment même où l'on en a le plus besoin pour demander et organiser les secours. Les compagnies d'extraction sont donc intéressées au premier chef à la découverte d'un moyen de communication, à la fois efficace et sûr, entre les sauveteurs et les mineurs ensevelis à la suite d'un coup de grisou ou de l'inondation d'une galerie.

Pressenti à diverses reprises à ce sujet, le Bureau des Mines des Etats-Unis vient de procéder à des essais de transmission et réception radiotélégraphique dans une mine de Bruceton (Pensylvanie). La station de East Pittsburgh, distante de 32 km. et travaillant sur une longueur d'onde de 360 mètres, a pu être entendue à une pro-

fondeur de 30 mètres. Il faut dire qu'à 15 mètres environ du poste récepteur souterrain se trouvait un tuyau de descente en fer par où passent les fils de lumière desservant toute la mine. En un point éloigné de cette canalisation, les signaux n'étaient plus perceptibles qu'à une profondeur de 15 mètres. Des expériences furent faites également avec un poste émetteur travaillant sur 200 et 300 mètres de longueur d'onde. Dans les deux cas, on s'est servi d'antennes verticales, les antennes horizontales ne donnant pratiquement aucun résultat. Cependant, en recevant sur un cadre à spire unique, l'audition était suffisante : les signaux étaient faibles mais intelligibles. Il est possible que la direction de la couche de houille influe sur la qualité de la réception, mais les expériences sommaires faites jusqu'ici ne permettent pas de se prononcer à coup sûr. La mine de Bruceton est relativement sèche ; au-dessus de la veine de charbon bitumineux, le terrain est composé principalement d'humus et d'argile schisteuse molle.

Puisqu'il est reconnu que la transmission des ondes hertziennes est possible à travers des couches solides, il est désirable qu'on reprenne les expériences en se servant cette fois d'ondes plus longues qui souffriront moins des phénomènes d'absorption que les ondes courtes employées lors des premiers essais.

La transmission par la terre en télégraphie sans fil (Oliver Lodge, *The Electrician* : 25 août 1922). — Dans le numéro du 11 août 1922, le Dr Elihu Thomson préconisait que la transmission par la terre, constitue le moyen le plus efficace de la propagation des ondes aux grandes distances. Grâce à cette transmission par le sol, les ondes peuvent suivre la courbure de la terre et atteindre un point quelconque de sa surface. Il concluait que la présence d'une couche supérieure conductrice dans l'atmosphère n'est pas indispensable, et que même son existence est des plus problématique. Sir Lodge pense qu'il est évidemment difficile de vérifier l'existence de la couche en question (couche d'Heaviside), mais il est probable qu'elle existe puisque la densité de l'air varie avec l'altitude depuis sa valeur ordinaire jusqu'au voisinage d'un très

haut vide. On sait que, pendant le vidage des tubes à gaz très raréfiés, l'air résiduel devient presque aussi conducteur que l'eau lorsque la pression n'est plus que de quelques millimètres de mercure. Par suite, il est probable qu'il existe une couche conductrice dans la très haute atmosphère, qu'une pareille couche doit favoriser les radiocommunications à grande distance; enfin, la non existence de cette couche rend inexplicable l'action de la lumière solaire, qui — comme on le sait — diminue considérablement les portées en télégraphie sans fil.

Le monopole de l'éther (*New-York Herald* : 28 janvier 1923). — Il fut un temps où, aux États-Unis, tout monopole était considéré comme un fléau par les défenseurs des droits du citoyen. Or, aujourd'hui, les routes sont quasi monopolisées par les automobilistes ; l'air l'est par les aviateurs ; l'éther risque de l'être par les radiotéléphonistes. Même, si l'on en croit les gens bien informés, le monopole de l'éther sera bientôt un fait accompli. Déjà les journaux techniques protestent énergiquement contre un accaparement qui prend chaque jour de plus grandes proportions. A ce propos, il paraîtrait que M. Henri Ford se propose de faire installer aux États-Unis 400 stations de broadcasting pour développer davantage les vastes entreprises qu'il dirige.

Vraie ou non, cette nouvelle doit être considérée comme un avertissement. Les vibrations de l'éther produites par certaines longueurs d'onde peuvent interférer avec les signaux émis par les postes concurrents sur la même longueur d'onde ou sur des longueurs voisines. La construction, pour le compte d'une même perpersonne, de 400 stations de téléphonie sans fil constitue un véritable monopole. Plus que jamais, la nécessité se fait sentir d'une réglementation sévère qui permettra à chacun d'avoir une part raisonnable des bénéfices de la merveilleuse découverte qui permet l'envoi d'informations générales et de productions artistiques.

INFORMATIONS ET VARIETES.

Une conférence de M. Maurice d'Ocagne à l'École supérieure des Postes et Télégraphes. — Le samedi 20 janvier, à 14 h 30, dans l'Amphithéâtre de l'Ecole Supérieure des P. T. T., 103, rue de Grenelle, M. Maurice d'Ocagne, membre de l'Institut, a fait une conférence sur les machines à calculer, devant une assemblée qui comprenait en particulier des élèves de l'Ecole.

Avant d'aborder une étude chronologique des machines, il a d'abord posé les bases de la classification. Selon ses propres termes, une machine peut se résumer schématiquement à des *chiffreurs*, c'est-à-dire des roues portant une *chiffraison* de 0 à 9 ; des *actionneurs*, organes destinés à *actionner* les roues et les *reporteurs*, dispositifs effectuant les reports de dizaines de chaque colonne à la colonne voisine à gauche.

C'est à un Françaïs, connu pour bien d'autres choses aussi, Blaise Pascal, que revient d'avoir conçu le premier une machine à calculer et cependant, par la comparaison que l'on peut faire avec les machines actuelles, son reporteur, en particulier, paraît assez rudimentaire. C'est en effet là, la pierre d'achoppement sur laquelle de nombreux chercheurs se sont heurtés avant d'arriver aux quelques solutions très satisfaisantes que nous avons à l'heure actuelle ; en particulier Tchbichef, introduisit dans le reporteur le principe du train épicycloïdal, qui rend indépendant le mouvement principal d'addition et le mouvement spécial dû aux reports. Enfin, comme terme actuel de ces recherches, on trouve les machines à touches à action directe, comme celles fabriquées par M. Felt.

Mais, entre temps, un autre grand savant, Leibnitz, avait eu, d'autre part, la notion de l'*entraîneur*, dont le rôle est *d'entraîner* simultanément les différents actionneurs. De cette façon, ce n'est plus chiffre par chiffre que l'addition s'effectue, mais nombre par nombre.

Dans le domaine des machines à entraineur, la première machine réalisée industrielle, tant par sa conception que par sa fabrication, est due au français Thomas de Colmar, qui a créé un arithmomètre, dont de nombreux modèles sont encore actuellement en service : et il avait repris, ou plus probablement inventé de son côté, ce que Leibnitz avait déjà adopté comme actionneur dans sa machine, c'est-à-dire un cylindre cannelé dont les cannelures ont des longueurs variables.

Un peu plus tard, le russe Odhner réalisa un autre entraîneur beaucoup plus plat, et on doit signaler, d'autre part, une machine relativement récente par rapport à ces deux dernières, la Monroé, où son inventeur, du même nom, a réalisé un actionneur qui, logiquement, se place comme conception, entre celui de Thomas et celui d'Obhner.

D'autre part, Léon Bollée, connu également pour d'autres inventions, a conçu, encore ignorant de toute autre machine de ce genre, une machine à multiplier, qui procède directement de la table de Pythagore, où elle est matérialisée sous la forme de tiges de différentes longueurs. Cette idée a porté ses fruits et se retrouve dans des machines actuellement sur le marché.

Après avoir décrit ces machines dont le but est plutôt commercial, M. d'Ocagne a ensuite rappelé le principe des machines à différence ; il a donné ensuite la notion de la *machine arithmétique générale* telle que Babbage l'avait conçue, construite, mais hélas ! abandonnée avant le montage, et que de son côté en Espagne, M. Torres y Quevedo, a réalisée, il y a quelque temps, sous la forme d'une machine électro-mécanique, et tout récemment sous la forme d'une machine purement mécanique.

En terminant la conférence, M. d'Ocagne a prié les représentants de diverses marques, qui avaient amené dans la salle quelques-unes de leurs machines, de donner des démonstrations qui furent suivies avec beaucoup d'intérêt par la plupart des auditeurs.

L'exploitation des fils télégraphiques constitués par appropriation de circuits téléphoniques (1). — L'exploi-

(1) Les renseignements contenus dans cette note ont été extraits d'un rapport de M. Jacob, ingénieur des Postes et Télégraphes.



lation des appareils télégraphiques se fait très souvent avec des courants beaucoup plus intenses que ceux qui devraient suffire à les faire fonctionner correctement et cela se justifie dans une certaine mesure par les variations d'isolement des lignes aériennes, variations qui obligent à se servir au départ d'une pile plus forte que celle dont on se serait contenté avec des lignes à isolement constant.

Lorsqu'un fil télégraphique est constitué par l'appropriation d'un circuit téléphonique, les variations d'isolement produisent souvent en même temps des déséquilibres de l'appropriation et alors le bruit du télégraphe s'entend plus ou moins au téléphone. Il y aurait évidemment le plus grand intérêt à ce que sur les fils télégraphiques constitués par appropriation de circuits téléphoniques, le télégraphe se rapprochât le plus possible de l'intensité du courant minimum indiquée par les règlements.

La pratique de la plupart des bureaux est de s'assurer de la valeur de l'intensité du courant au départ et de diminuer la pile si cette intensité dépasse la valeur usuellement admise, mais cette méthode est insuffisamment rigoureuse car, ignorant quelles sont les pertes variables en ligne, on ne sait pas du tout quelle est l'intensité à l'arrivée. Il serait à désirer que le poste transmetteur se fasse donner l'intensité à l'arrivée par son correspondant et que celui-ci fût outillé et exercé à la donner sans ambiguïté.

De plus, si l'obtention de l'intensité à l'arrivée minima nécessaire au correspondant exigeait une intensité au départ très forte sur de longues lignes en mauvais état, il faudrait encore s'assurer que cette intensité au départ ne risque pas de produire de la magnétisation dans les noyaux des bobines Pupin qui se trouvent souvent sur les circuits téléphoniques à l'entrée à Paris. Toute intensité au départ approchant de 100 milliampères est néfaste aux bobines Pupin et les constatations faites sur certains appropriés donnent lieu de craindre que ces valeurs soient parfois accidentellement atteintes ; en tous cas, les lampes de sécurité montées sur les prises de courant télégraphique ne fonctionnent qu'à 330 milliampères, ce qui est une valeur beaucoup trop élevée.

Télégrammes téléphonés. — Il est loisible à tout abonné au téléphone d'obtenir l'autorisation de transmettre par téléphone au



bureau télégraphique voisin du Central téléphonique auquel il est relié les télégrammes qu'il peut avoir à expédier. Inversement, les télégrammes qui parviennent à un bureau télégraphique à l'adresse d'un abonné peuvent, sur sa demande, lui être transmis par téléphone au lieu d'être portés à domicile par un piéton. Une taxe spéciale de 20 c. par télégramme est perçue dans le premier cas et de 10 c. dans le second.

A l'étranger, ce service a pris une grande extension alors qu'il n'a rencontré jusqu'ici en France qu'un accueil assez froid auprès des abonnés. L'Administration française se voit ainsi conduite à examiner :

1° S'il y aurait un réel intérêt, au point de vue général, à pousser au développement de ce mode de dépôt et de réception ;

2° Comment devraient, dans ce but, être modifiées la tarification et la réglementation en vigueur.

Une étude pratique de la question a permis de dégager sur ces divers points les observations ci-après :

Limitation du nombre de mots. — La transmission par téléphone est jusqu'ici limitée aux télégrammes ne dépassant pas 50 mots. De l'avis général, semblable restriction apparaît comme complètement inutile pour les télégrammes d'affaires, ceux transmis par télégraphe qui atteignent ou dépassent 50 mots étant extrêmement rares. Elle a, par contre, toute raison d'être pour les télégrammes de presse et les télégrammes officiels.

Langages admis. — Les télégrammes à téléphoner doivent obligatoirement être rédigés en français et en langage clair. Le maintien de cette obligation de principe semble nécessaire. L'Administration s'exposerait à de multiples difficultés en y renonçant. Il n'en est pas moins vrai que certains établissements, dont la correspondance télégraphique est active, ne peuvent se passer de l'emploi du langage conventionnel ou des langues étrangères. Peut-être serait-il bon de tolérer des exceptions d'espèce, aux risques et périls des demandeurs, dans les villes pourvues d'un personnel exercé et lorsque la transmission par téléphone permettrait de faire l'économie de courses trop longues.

Distribution postale de la copie d'arrivée. — La copie télégra-

phique d'arrivée des télégrammes téléphonés aux destinataires leur est envoyée par poste. La clientèle intéressée semble tenir particulièrement à posséder cette confirmation écrite, sans d'ailleurs attacher d'importance à sa réception plus ou moins rapide. On pourrait donc, suivant les lieux, faire verser les copies d'arrivée au service postal soit en une seule fois, le soir, pour la 1re distribution du lendemain, soit en plusieurs fois, aux heures correspondant aux principales distributions.

Taxe spéciale. — Pour les télégrammes de départ, la perception d'une taxe supplémentaire spéciale est justifiée, car la transmission par téléphone évite à l'expéditeur une course et le désagrément d'une opération de guichet, alors qu'elle impose à l'Administration un surcroît de travail et de responsabilité. La réception auditive et la transcription d'un télégramme prennent en effet plus de temps qu'une taxation au guichet et créent un supplément de chances d'erreurs. L'avantage ressort ici nettement en faveur du public et non pas de l'Administration.

Pour les télégrammes d'arrivée la situation est inverse. Si le public trouve tout naturel d'acquitter, lorsqu'il téléphone lui-même ses télégrammes, une taxe qui le dispense de se rendre ou d'envoyer un commissionnaire au bureau télégraphique, il ne comprend guère que, dans l'autre sens, l'Administration, qui économise une course, la lui fasse plus ou moins payer.

Il est incontestablement plus commode de recevoir un télégramme des mains d'un facteur que d'avoir à l'écrire sous la dictée d'un correspondant téléphonique. Ce n'est que lorsque la distance du bureau est assez grande pour qu'il y ait un gain de temps sérieux que l'avantage de la réception par téléphone commence à être sensible pour le destinataire. En fait, le nombre des télégrammes téléphonés au départ est, en province tout au moins, nettement plus élevé que celui des télégrammes téléphonés à l'arrivée.

Tant au point de vue des recettes qu'au point de vue d'une meilleure exploitation, l'Administration a-t-elle intérêt à favoriser l'extension du service des télégrammes téléphonés ?

La réponse semble négative en ce qui regarde les télégrammes de départ.

En ce qui touche les télégrammes d'arrivée, un calcul chiffré est utile pour se faire une opinion.

Examinons le cas d'un bureau télégraphique où 15 facteurs-enfants distribuent par jour 400 télégrammes, alors que 40 télégrammes, soit une proportion de 10 °/₀ sont téléphonés aux abonnés.

Calculé sur la base d'un salaire annuel de 2.000 fr. par jeune facteur, le prix de revient de la remise à domicile d'un télégramme s'élève sensiblement à 20 c. En évaluant, d'autre part, à 150 télégrammes par journée de travail le rendement possible d'une unité-dame affectée exclusivement aux télégrammes téléphonés, unité dont le traitement moyen est de 5.500 fr., on obtient un taux de 10 centimes comme coût de la transmission phonique d'un télégramme d'arrivée.

Même en ne tenant pas pour rigoureusement exacte une telle proportion, il paraît y avoir un avantage financier non contestable à substituer le plus possible la transmission téléphonée à l'emploi de facteurs pour la remise des télégrammes aux destinataires. La suppression de la taxe spéciale actuelle de 10 c. aiderait, à coup sûr, à orienter les abonnés dans cette voie.

Une remarque se présente toutefois. C'est que les courses à longue distance pour la remise par piéton ou même par cycliste d'un petit nombre de télégrammes sont celles qu'il importerait le plus d'éviter. Sur le prix de revient de 20 c. indiqué plus haut pèse lourdement le coût de la distribution de télégrammes isolés dans les établissements industriels et autres de la périphérie des agglomérations importantes. Il est incontestablement plus expéditif et, partant, plus avantageux, de porter les télégrammes que de les téléphoner lorsqu'un même piéton peut en distribuer un nombre suffisant en peu de temps et dans un périmètre restreint. On pourrait donc envisager une solution mixte, consistant à exonérer de la taxe de 10 c. seulement les abonnés habitant au delà d'un rayon donné (1.000 mètres par exemple), compté du bureau par le chemin le plus direct. Cette différence de régime suivant la distance ne serait pas une innovation en matière de redevances téléphoniques.

Le nouveau central interurbain de Bâle. — Un bureau central interurbain nouveau sera bientôt installé en Suisse, à Bâle, pour un équipement immédiat de 400 lignes et pour une capacité totale de 800 lignes.

Les lignes d'ordre vers les opératrices locales switching seront disposées pour être distribuées automatiquement de façon à faciliter considérablement les opérations du commutateur. On s'affranchit ainsi de toutes les difficultés qui se manifestent généralement lorsque le nombre des opératrices interurbaines devient important, car il est impossible que deux opératrices interurbaines puissent entrer en même temps sur une même ligne d'ordre, ce qui évite les discussions et les difficultés qui auraient pour suite inévitable de ralentir le trafic ou de réduire le rendement des opératrices.

Les tables annotatrices différeront des systèmes antérieurs en ce sens qu'elles seront pourvues d'une distribution automatique pour les appels. C'est ainsi qu'un appel venant du central local est automatiquement dirigé vers une opératrice annotatrice libre, laquelle est aussitôt reliée avec l'abonné appelant sans avoir dû faire usage d'un cordon, d'une fiche ou d'une clé. Les tickets sont transportés, au moyen d'une bande porteuse mobile, jusqu'à l'opératrice distributrice, d'où ces tickets sont ensuite dirigés, par des tubes pneumatiques, vers les opératrices interurbaines. Il est possible, à une opératrice interurbaine, de bloquer sa position de façon à ne pas être distraite par un nouvel appel avant d'avoir terminé tout ce qui concerne le ticket qu'elle a en train.

Une réalisation expérimentale de la télévision. — Au cours de la conférence faite à la Société française des Electriciens le 7 décembre, M. Belin a exposé une des solutions du problème de la télévision, telle qu'il l'a réalisée expérimentalement.

Une cellule de sélénium étant exposée aux rayons lumineux d'une source, la résistance électrique du corps variera suivant l'intensité de l'insolation. Un fragment de ce corps étant mis en série dans un circuit électrique, si l'on projette sur ce fragment l'image à transmettre, les variations d'intensité du courant électrique formeront ce

que l'on pourra appeler une sorte de « modulation électrique de l'image », par analogie avec la modulation que produit un microphone placé en série dans un circuit de pile. Ces courants ainsi produits se propageront sur les fils; à l'extrémité des conducteurs, il suffira de les recueillir et de les traduire pour avoir l'image primitive. Un galvanomètre remplira ce rôle, le rayon lumineux qu'il projettera aura un éclat plus ou moins intense suivant l'intensité des courants reçus. Si les conditions électriques du circuit sont telles que les impressions lumineuses se succèdent à raison de moins de un dixième de seconde, l'œil aura la vision de l'image.

En utilisant des cellules plus sensibles, celle de potassium par exemple, il est possible de transmettre les variations d'éclat d'une tache lumineuse, qui se traduit par un point plus ou moins lumineux, ce qui a été réalisé expérimentalement au cours de cette conférence.

Transmission radiotélégraphique par appareil rapide. — Fin septembre, une expérience de transmission radiotélégraphique avec appareil imprimant Siemens et Halske a eu lieu entre Leipzig et New York par l'intermédiaire d'une puissante station de T.S.F. Elle fut faite au bénéfice exclusif des savants participant au Congrès des Sciences naturelles. L'essai ne dura que quinze minutes ; la vitesse de transmission était de l'ordre de 800 signaux à la minute. L'expérience aurait parfaitement réussi.

Mise en service d'un nouveau tube pneumatique entre le Central télégraphique de Londres et la gare de Liverpool Street. — On vient de terminer l'installation d'un nouveau tube pneumatique de 57 mm. entre le Central télégraphique et le bureau des télégraphes de la compagnie de chemins de fer Great Eastern. Le tube en plomb posé sous la chaussée est prolongé, à l'intérieur de la gare, par un tube en laiton suspendu sous les passerelles. Toutefois, sur le devant de la salle principale de distribution des billets, on s'est servi d'un tube en laiton de la compagnie passant sous les voies. Cette section avait été posée il y a 40 ans et ne servait plus depuis plusieurs années; elle était en parfait état de conservation. C'est le personnel du Post Office qui a effectué tous les travaux d'installation.

Inauguration en Allemagne du Service de radiotéléphonie. — Le Service de Radiotéléphonie, qui fonctionne depuis quelque temps à titre d'expérience, vient d'être ouvert après qu'on eut obtenu une audition satisfaisante de la parole dans toute l'Allemagne. Il comprend provisoirement un établissement central pour la transmission des nouvelles commerciales aux abonnés privés. L'exploitation a lieu de la façon suivante : dans la maison de commerce de la société « Eildienst » à Berlin, les nouvelles économiques les plus importantes sont reçues du monde entier, la plupart par radio ; elles sont alors réunies, et aussitôt lecture en est faite devant un microphone. Le microphone est relié directement à la station principale de Königswüsterhausen par des conducteurs spéciaux et constitue lui-même un émetteur de radiotéléphonie, en puissance, de sorte que de cette façon les nouvelles émises de Berlin sont répandues à travers toute l'Allemagne. Chaque abonné du « Eildienst » peut, en payant à l'Administration des Postes une légère redevance, acquérir le droit d'installer un appareil radio de réception et recevoir les nouvelles.

On devait commencer les émissions radiotéléphoniques générales dès 1921. Par suite de retards survenus dans la livraison des machines, les abonnés ne purent commencer l'installation de leurs postes récepteurs qu'au début de cette année.

A présent, les travaux sont tellement avancés que 140 villes sont déjà reliées au central et qu'un nombre considérable d'abonnés, qui se multiplie chaque jour, y adhère.

Les préparatifs pour la propagation des nouvelles intéressantes et instructives, ainsi que pour les auditions musicales, sont tellement avancés qu'on pense pouvoir inaugurer ce service dès l'automne.

Dispositifs téléphoniques pour discours publics. — Les téléphones haut-parleurs dénommés « Public Address Systems » (dispositifs pour discours publics) sont constitués par un microphone d'un type spécial placé devant le pupitre de l'orateur, des amplificateurs à lampe à 3 électrodes très puissants et des récepteurs d'un modèle spécial munis de grands cornets acoustiques.

Ces dispositifs accroissent énormément la portée de la voix

humaine et permettent à un orateur ou un artiste (musicien, chanteur, etc.) de se faire entendre très distinctement par des foules de 120.000 personnes groupées en plein air et de 20.000 personnes réunies dans un même local. Ces appareils peuvent être actionnés à des distances considérables soit par des fils téléphoniques soit par radiotéléphonie, de sorte qu'un même orateur ou un même musicien peuvent être entendus simultanément par de larges agglomérations séparées entre elles par de grandes distances.

L'orateur n'a pas besoin d'élever la voix ; il parle normalement et peut même s'éloigner d'un ou deux mètres du microphone placé sur son pupitre. D'autre part, les cornets acoustiques sont étudiés et disposés de telle sorte que la voix est distribuée uniformément sur tout l'espace où l'on veut la faire entendre. Quand on se déplace dans cette zone on a constamment l'impression de rester à la même distance optimum d'un orateur invisible : le volume et la netteté de la parole entendue restent constants.

Pour donner une idée des possibilités d'un tel dispositif, voici les résultats obtenus le jour anniversaire de l'armistice (11 novembre 1921) aux États-Unis. Le Président Harding fit un discours à Washington sur la tombe du Soldat américain inconnu, au cimetière d'Arlington. Ses paroles furent entendues par 125.000 personnes rassemblées dans le cimetière et dans le voisinage. Au même moment, le discours présidentiel transmis sur le circuit téléphonique Washington-New York-San Francisco traversait tout le territoire des États-Unis (environ 6.000 kilomètres) et, grâce à des appareils haut-parleurs de ce genre, était entendu par 35.000 personnes à New York (dans le hall de Madison Square et dans le voisinage) et par 20.000 personnes à San Francisco (dans le Civic Auditorium). Par suite, 180.000 personnes dans trois villes différentes, placées aux extrémités du continent américain, ont pu entendre distinctement le discours prononcé sur un ton de voix tout à fait normal par le Président Harding.

Appareils automatiques de transmission pour stations de bord. — Le paquebot « Majestic » de la « White Star Line » possède un appareil automatique de transmission qui permet d'écouler

les messages radiotélégraphiques à la vitesse de 100 mots par minute au minimum, au lieu de 20 mots, qui représentent la vitesse à laquelle les radiotélégrammes sont généralement transmis entre les stations flottantes et les stations côtières. La compagnie a l'intention d'équiper de la même façon les autres paquebots assurant un service régulier avec les pays d'outre-mer. Le trafic écoulé par le « Majestic » en une seule traversée atteint 50.000 mots environ.

La reprise des affaires et la vente des timbres-poste. — L'augmentation sensible des recettes provenant de la vente des figurines postales est l'indice d'un relèvement général des affaires. Une statistique publiée récemment par l'Office postal des États-Unis montre que pendant les six derniers mois de 1922 il a été vendu, en ce pays, un billion de timbres de plus que pendant la même période en 1921. Les commandes de cartes postales atteignent des chiffres fabuleux. Une maison de commerce a acheté dernièrement environ onze millions de timbres oblitérés à l'avance. La réserve de figurines du Post Office est actuellement inférieure de 200.000 unités à ce qu'elle devrait être suivant les instructions. Les presses ne permettent pas de satisfaire aux nombreuses demandes en instance.

Développement du service des comptes courants et chèques postaux en France. — Au cours de l'année 1921, le nombre des adhésions nouvelles s'est accru de 39.089, soit une moyenne mensuelle de 3.257, alors que l'augmentation de 1920 avait été de 31.756 soit 2.646 par mois.

Au 31 décembre, le nombre des adhérents s'élevait à 112.648, contre 73.559 au 31 décembre 1920.

La proportion de l'augmentation a été de 53 p. 100.

Quant au nombre des opérations, il s'est accru dans une proportion bien plus importante encore, s'élevant à 26.850.265 contre 14.290.953 en 1920 ; ces résultats témoignent de la faveur reçue du public par le nouvel organisme pour lequel les adhésions sont de jour en jour plus nombreuses.

Le résumé ci-après indique, par comparaison avec l'année 1920, le nombre et le montant des opérations effectuées en 1921 :

	ANNÉE 1920.			ANNÉE 1921.		
	NOMBRE.	MONTANT.		NOMBRE.	MONTANT.	
		fr.	c.		fr.	c.
Opérations de crédit	11,539,949	28,551,170,605	12	20,750,610	38,096,753,701	67
Opérations de débit	2,751,004	28,347,398,317	70	6,099,655	37,980,388,680	59
Totaux.....	14,290,953	56,898,568,922	82	26,850,265	76,077,142,382	26

Ces chiffres établissent que le trafic a été près de deux fois plus important en 1921 qu'au cours de l'année précédente.

Le montant total des opérations a dépassé de 19.178.573.459 fr. 44 le chiffre réalisé en 1921 ; le pourcentage de l'augmentation ressort à 33.

D'autre part, pour un mouvement total de fonds de 76.077.142.382 fr. 26, le montant des règlements par voie de virements s'est élevé à 41.255.309.767 fr. 74.

L'avoir en compte des titulaires s'est également accru dans de notables proportions : son montant s'est élevé à 614.366.456. fr. 44 le 31 décembre 1921, alors qu'il était de 498.001.435 fr. 36 le 31 décembre 1920, en augmentation de 116.365.021 fr. 08.

TRIBUNE DES ABONNÉS.

Question 19. — Une ligne de transport d'énergie électrique passe sous un assez long tunnel. Peut-on poser, sans crainte de troubles d'induction, un circuit téléphonique dans le même tunnel ? Les lois des rotations appliquées dans la construction des circuits aériens sont-elles suffisantes ici pour assurer l'anti-induction ?

Réponse. — Il est recommandé de ne pas placer de lignes aériennes dans les tunnels, même quand ils ne contiennent pas de lignes électriques (Instruction sur la construction des lignes aériennes, p. 110) ; les lignes aériennes en fils nus doivent passer en dehors du tunnel ; si la construction de lignes en fils nus n'est pas possible, on doit employer des câbles placés dans le tunnel et convenablement établis.

Dans les tunnels où circulent des trains, la vapeur de la locomotive reste pendant un certain temps au contact des lignes qui se trouvent dans le tunnel ; or, on a découvert, à la suite d'essais sérieusement conduits, que cette vapeur est ionisée (1), de sorte qu'elle rend conducteur l'air dans lequel elle séjourne ; s'il y avait dans le tunnel deux lignes aériennes, leur isolement relatif ne pourrait être assuré que très difficilement ; l'équilibrage par les rotations et les croisements ne pourrait pas être réalisé en raison du mauvais isolement, ce qui serait particulièrement gênant si l'une de ces lignes était une ligne d'énergie et l'autre une ligne téléphonique.

Dans les tunnels où ne circulent pas les locomotives à vapeur, l'isolement d'une seule ligne aérienne est à cause de l'humidité souvent insuffisant ; il paraît donc impossible de placer dans un tunnel deux lignes aériennes en fils nus.

Toutefois en matière de construction de lignes, il se présente souvent des cas dans lesquels il est possible d'enfreindre sans inconvénient les règles générales ; mais toute décision doit être subordonnée à des essais sérieusement conduits.

(1) Voir Cours de construction de lignes aériennes, p. 201.

BIBLIOGRAPHIE.

A. — Bibliothèque des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones.

L'Acoustique téléphonique, la Téléphonie, la Télégraphie, par E. Reynaud-Bonin, Ingénieur des Télégraphes, Professeur à l'École supérieure des Postes et Télégraphes. — 1 vol. de 185 pages et 101 figures (Étienne Chiron, éditeur, 40, rue de Seine, Paris. — 8 francs).

Ce volume contient les leçons professées à l'École supérieure d'Électricité de Paris (section de radiotélégraphie) sur l'Acoustique téléphonique, la Téléphonie et la Télégraphie. Le lecteur y trouvera exposées avec détail les raisons qui justifient les qualités acoustiques des appareils téléphoniques et ce sont, si l'on y réfléchit bien, les seules qualités importantes pour l'abonné. Une assez large place est réservée au téléphone haut-parleurs, à la téléphonie par lampes à vide à trois électrodes, ainsi qu'à toutes les nouveautés qui sont aux confins de la téléphonie ordinaire et de la radiotéléphonie. La télégraphie est esquissée à large traits.

La table des matières, reproduite ci-après, donnera d'ailleurs une idée assez complète de l'abondance des matières abordées par l'auteur.

3. L'appareil téléphonique.
4. Les relais téléphoniques.
5. Constitution d'un réseau téléphonique.
6. Moyens employés pour augmenter le rendement commercial des lignes téléphoniques.
7. Bureaux téléphoniques à service manuel.
8. Bureaux automatiques.
9. Des abonnements téléphoniques.
10. Description des lignes téléphoniques aériennes.
11. Protection des lignes téléphoniques contre les lignes électriques industrielles à haute tension.
12. Les lignes téléphoniques en câbles souterrains ou aériens.

3e Partie. — *Télégraphie et câbles.*

1. Appareils télégraphiques : Morse — Wheatstone — Hughes — Baudot — Principes fondamentaux.
2. Diverses espèces de télégrammes.
3. Câbles sous-marins — Construction — Pose — Exploitation — Réparations — Développement.

B. — Ouvrages divers.

Cours de mesures électriques. — Essais de machines par Eugène Vigneron, Directeur des Laboratoires de l'Ecole des Travaux Publics. — 1 volume in-8 (Librairie de l'Enseignement Technique). Prix : 35 francs.

Les essais de machines se classent en deux catégories bien distinctes : les uns portent sur toute machine de type nouveau ou modifié, et ont pour objet de s'assurer qu'elle répond bien aux prévisions des Ingénieurs qui en ont calculé les caractéristiques ; les autres, auxquels on doit soumettre chaque reproduction d'un même type, sont destinés à vérifier qu'elle est exempte d'erreur de réalisation.

L'auteur décrit et analyse en détail les essais des machines à courant continu et à courant alternatif — des transformateurs statiques — des moteurs d'induction — des moteurs synchrones —

des transformateurs dynamiques et statiques du courant alternatif en courant continu — des moteurs asynchrones monophasés et polyphasés à collecteurs.

Une importante documentation termine l'ouvrage.

France et Monde. — Revue de documentation politique, économique et sociale, Fondateur : Probus, commence dans son numéro de janvier une importante série d'articles sur la *Pensée française*, à laquelle collaboreront : Camille Flammarion ; Georges Goyau de l'Académie française ; Hadamard de l'Académie des sciences ; Albert Besnard, de l'Académie des Beaux-Arts, Directeur de l'École nationale des Beaux-Arts ; André Lichtenberger, Directeur du Musée social ; Probus, etc...

Dans chaque numéro, la *Documentation vivante* résume tout ce qui s'est dit et écrit d'intéressant dans l'univers entier en matière politique, économique et sociale.

Abonnements : Un an (12 numéros) 50 frs. à la Société générale française de Publications, 3, rue Tronchet, Paris, Seine. Tél. Gut. 68-59.

L'Ouvrier moderne (Mensuel) est la Revue pratique des Industriels, Ingénieurs, Chefs d'atelier des industries mécaniques.

L'Ouvrier moderne fournit régulièrement toute la documentation pratique immédiatement applicable dans la technique de chaque profession.

Numéro spécimen envoyé gracieusement, sur demande adressée à la Librairie Dunod, 49, quai des Grands-Augustins, Paris.

Le Gérant,

LÉON EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS



12e ANNÉE. — N° 5. MAI 1923. PRIX : 3 fr.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE.
3 RUE THÉNARD, PARIS Ve

Prix de l'Abonnement annuel : France .... 30 francs ; Étranger .... 34 francs.

COMMISSION DES ANNALES

DES POSTES, TELEGRAPHES ET TELEPHONES.

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une Commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes.*

Cette Commission se réunit à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VIIe.

Membres de la Commission:

NOTA : La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

Est-il facile, sans être télégraphiste ou électricien et sans dépenses exagérées, de recevoir les concerts et conférences transmis par la radiotéléphonie ? (1)

Telle est la question que beaucoup se posent. On peut y répondre : « Oui, cela est facile dans les conditions suivantes ».

Être à Paris et ne désirer écouter que les postes peu éloignés, École Supérieure des Postes et Télégraphes, Tour Eiffel, poste de Levallois.

Se contenter de la réception par un casque téléphonique appliqué à l'oreille, sans rechercher l'audition bruyante d'un téléphone haut parleur.

Le détecteur à galène suffit alors et il y a intérêt à s'en servir. Les merveilleuses propriétés des lampes à grille ont trop fait oublier sa grande simplicité.

L'installation d'un récepteur à galène est, en effet, beaucoup plus facile que celle d'un récepteur à lampes. Point n'est besoin, ni de batteries d'accumulateurs ou de piles coûteuses, ni d'appareils compliqués à réglages délicats. Il faudra cependant une petite antenne, la réception sur un cadre de dimensions réduites ne restant possible qu'au voisinage immédiat du poste.

Cette antenne sera constituée, par deux fils de cuivre de 15 à 20 mètres de longueur, tendus au-dessus d'une cour à la hauteur des toitures et isolés par des bâtons d'ébonite. Ces fils seront réunis à l'une de leurs extrémités à un fil qui descendra le long des murailles, sans toutefois en être trop rapproché, jusqu'à une fenêtre, il y entrera par un trou percé dans la menuiserie et garni d'un tube de caoutchouc isolant.

A l'intérieur de l'appartement le fil sera relié, par un très bon

(1) Cette note a été rédigée spécialement par M. Gutton, professeur à la Faculté des Sciences de Nancy, membre du Comité Technique des Postes et Télégraphes, pour être transmise par la Station radioélectrique de l'École Supérieure des Postes et Télégraphes.



contact, à une conduite d'eau ou de gaz aussi voisine que possible du point d'entrée de l'antenne.

L'appareil récepteur sera intercalé sur ce fil, non loin de la mise à la terre par la canalisation d'eau ou de gaz.

Le récepteur peut-être construit facilement et économiquement.

Sur un tube en carton de 5 à 6 centimètres de diamètre, on enroule du fil de cuivre isolé, du fil de sonnerie, par exemple. Le nombre de tours doit être d'autant plus grand que les ondes à recevoir sont elles-mêmes plus longues.

Pour le poste de l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, la bobine n'atteindra pas 10 centimètres de longueur, elle sera beaucoup plus longue pour le poste de la Tour Eiffel.

On intercale cette bobine sur le fil allant de l'entrée d'antenne à la prise de terre.

Afin de profiter des phénomènes de résonance électrique, il faut choisir convenablement le nombre de spires et ce nombre, qui dépend de l'antenne utilisée, ne peut être fixé d'avance et doit être déterminé par des essais d'ailleurs faciles.

En enroulant le fil, on a eu soin tous les deux ou trois tours de replier le fil sur lui-même sur une longueur de deux à trois centimètres et de tordre ensemble les deux brins.

La bobine porte alors une série de boucles qui sortent de l'enroulement.

En enlevant l'isolant du fil sur ces boucles, elles permettent de réunir l'antenne, non à l'extrémité de la bobine, mais à l'une des boucles de façon à n'intercaler dans l'antenne qu'une partie des spires.

On cherche par tâtonnements quel est le nombre de tours le plus favorable à une bonne audition.

Ce nombre étant trouvé, on peut refaire la bobine et supprimer les tours en excès. On conserve seulement quelques prises de contact au voisinage immédiat de ce nombre, pour pouvoir corriger, au besoin, de petites variations de longueur d'onde de l'antenne.

On fera une bobine adaptée à chacun des postes que l'on désire écouter. Il est très mauvais, en effet, d'utiliser pour un poste à

ondes courtes comme celui de l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, quelques spires d'une bobine plus longue adaptée à l'audition de la Tour Eiffel. Les spires inutiles sont nuisibles.

On doit s'attacher à toujours établir, entre les fils qui doivent être réunis, de très bons contacts électriques par des bornes ou des serre-fils reliant ensemble des fils propres dont on a gratté la couche oxydée avec la lame d'un couteau.

Le téléphone et le détecteur à galène sont placés en dérivation entre les extrémités de la bobine.

On se sert en radiotéléphonie, non des récepteurs trop peu résistants des postes d'abonnés du réseau urbain, mais de téléphones spéciaux à la Radiotélégraphie dont la résistance est d'environ 2.000 ohms.

Quant au détecteur, il est constitué par une pince métallique dans laquelle on serre un morceau de galène et d'un support articulé, isolé de cette pince, à l'extrémité duquel est attaché le fil métallique dont la pointe est amenée à toucher légèrement la galène.

On emploiera un fil de cuivre de $\frac{1}{10}$ de millimètre de diamètre environ dont la pointe doit être propre. On la renouvelle de temps en temps en coupant le fil avec des ciseaux. Pour assurer un contact léger et régulier on enroule le fil en hélice, réalisant ainsi un ressort très faible qui maintient le contact.

Les facettes cristallines doivent être brillantes ; si elles sont salies, on casse un fragment du morceau de galène et on fait porter la pointe sur la cassure.

Les différents points de contact ne sont pas tous équivalents, en déplaçant la pointe sur la galène, on choisit le point de meilleure audition.

Tous les échantillons de galène ne sont pas non plus aussi sensibles et il est bon de les choisir en les comparant, si possible, à une galène que l'on sait être bonne. La galène est d'ailleurs un minéral peu rare et peu coûteux.

L'installation très simple, que nous venons de décrire, peut si elle est faite avec soin donner dans Paris de très bons résultats.

Elle ne permettra, certes pas, l'audition en haut parleur, mais suffira pour l'écoute par un casque téléphonique tenu contre l'oreille. La réception sera plus nette, les sons plus fidèlement reproduits que par un téléphone haut parleur trop puissant.

Rien n'empêche d'ailleurs d'ajouter au poste à galène un ou deux étages d'un amplificateur à basse fréquence, au cas où l'on désirerait une réception plus puissante.

Confection des selfs en fond de panier

POUR LES ONDES COURTES

On sait que le mode de bobinage des selfs utilisées dans les appareils destinés à la réception des ondes courtes n'est pas chose indifférente ; il faut en effet toujours chercher à diminuer la capacité entre spires, qui a pour effet non seulement de créer des pertes par suite de la mauvaise qualité du diélectrique qui constitue l'isolement du fil, mais d'augmenter la longueur d'onde propre de la self. La résistance apparente de cette self devient alors considérable, si elle est intercalée dans un circuit oscillant, dont la longueur d'onde est voisine de l'onde propre.

On a imaginé pour diminuer la capacité, plusieurs modes de bobinages, dont le plus intéressant à notre avis, est celui dit « en nid d'abeilles » ; mais sa confection est en générale délicate, et nécessite une forme en bois avec des broches métalliques. De plus cet enroulement est fragile ; pour lui donner une certaine consistance, on l'imprègne de vernis qui malheureusement n'ont pas toujours les qualités isolantes requises, et dans ces conditions les selfs peuvent avoir un très mauvais rendement.

Les bobinages en fond de panier, en prenant certaines précautions que nous indiquerons plus loin, peuvent, à self égale, avoir une capacité à peine supérieure à celle d'un enroulement en nid d'abeilles, et ils ont sur ces derniers, l'avantage d'être d'une confection beaucoup plus facile.

Les selfs en fond de panier sont le plus intéressantes, par les forts couplages qu'elles permettent d'obtenir. Deux de ces galettes coaxiales et placées dans des plans parallèles, si les conditions optima des rapports de leur écartement à leur grand diamètre et de leur petit diamètre à leur grand diamètre sont réalisées, peuvent présenter un coefficient d'accouplement attei-

gnant pratiquement 80 °/₀ à 85 °/₀ ; c'est là une propriété intéressante, quand on fait varier la self d'un circuit oscillant par effet variométrique.

Ces avantages étant énumérés, nous passerons à la réalisation pratique de ces selfs en fond de panier, spécialement dans le cas des petites longueurs d'onde.

Pour constituer la carcasse du bobinage on opérera de la façon suivante :

Dans une feuille de carton (1) de 0,8 à 1 mm. d'épaisseur on découpera un disque de 10 cm. de diamètre ; puis, suivant les

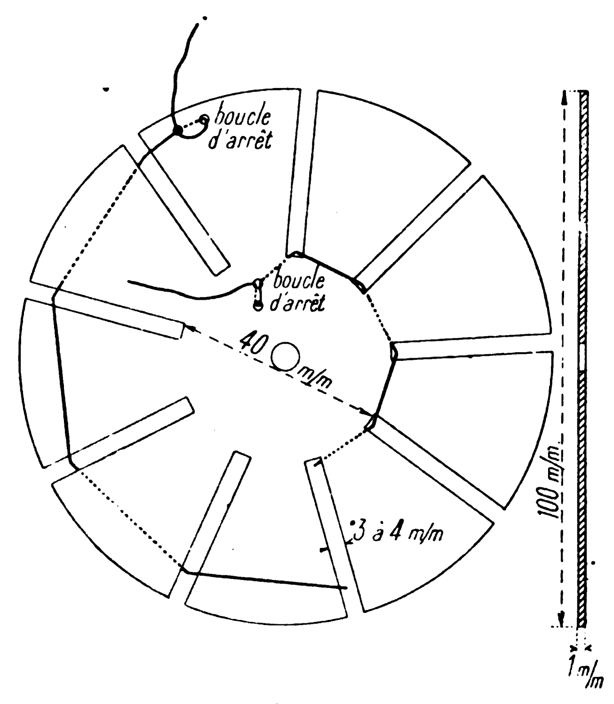


Fig. 1.

rayons de ce disque, on fera un nombre impair d'encoches partant de la périphérie du disque et limitées par un cercle de 4 cm. de diamètre que l'on pourra tracer au crayon afin d'exécuter un travail plus convenable ; la figure 1 reproduit, en demi-gran-

(1) On trouve dans le commerce un carton spécial appelé press-pahn qui est très pratique pour faire ces carcasses.

deur, un de ces disques divisé en neuf secteurs. Dans le cas où on fera le bobinage sur un mandrin, on fera un trou au centre du disque, pour passer un axe.

Le bobinage se fera en fil de cuivre de 40/100 isolé sous deux couches de soie. La bobine de fil sera embrochée sur un axe disposé de telle façon que l'on puisse dévider le fil sans grande tension. On pourra bobiner la galette à la main, en la faisant tourner entre le pouce et l'index de la main gauche placés au centre du disque de carton, et en lui imprimant un mouvement de rotation à l'aide de la main droite.

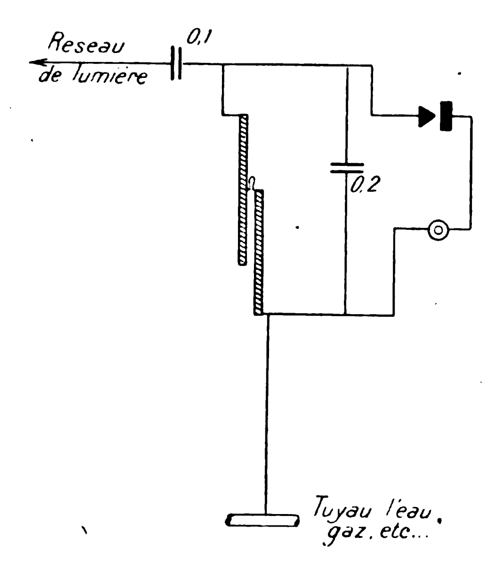


Fig. 2.

Nous conseillons tout spécialement à nos lecteurs d'enrouler une petite ficelle de 5/10 de mm. de diamètre (fil de fouet par exemple), avec le fil de cuivre de façon à ce que les spires de deux tours consécutifs soient toujours séparées par une épaisseur de ficelle. On diminue ainsi beaucoup la capacité répartie et le rendement de la self sur les petites longueurs d'onde est de ce fait très amélioré.

Nous ne conseillons pas de passer la self une fois terminée à la gomme laque, à moins que l'on puisse la mettre à l'étuve à la

température la plus élevée possible sans risquer de brûler l'isolant du fil ou le carton. Si l'on ne prend pas cette précaution on a un vernis qui contient de l'eau ; on comprend que dans ces conditions la self donnera de très médiocres résultats. Les *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* donneront, dans la suite, à leurs lecteurs des formules de bons vernis isolants.

Nous reviendrons ultérieurement sur divers dispositifs que l'on peut réaliser avec ces selfs en fond de panier.

Cependant nous avons déjà donné, à titre d'exemple, un dispositif qui permet la réalisation d'un poste à galène très simple, se réglant par deux galettes montées en série (fig. 2) et que l'on ait glisser l'une sur l'autre de façon à obtenir un effet variométrique.

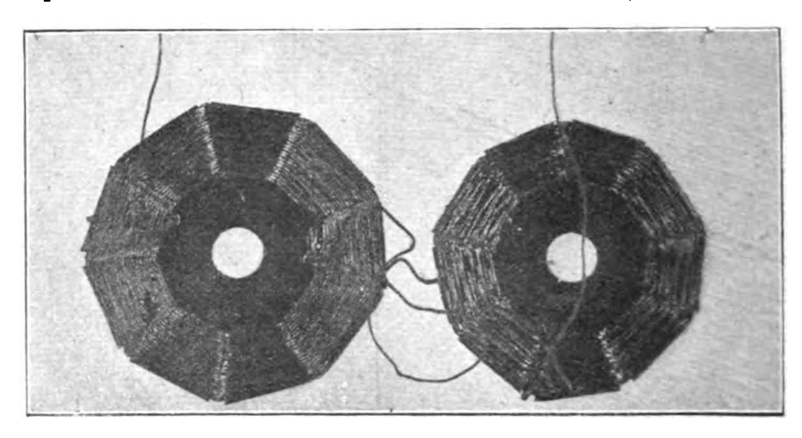


Fig. 3.

Les deux galettes représentées par la photographie ci-jointe ont chacune 44 spires en fil de 40/100, et un diamètre intérieur (fond des encoches) de 4 cm. ; montées comme l'indique le schéma de la figure 3, elles permettent un excellent accord sur la station de l'École Supérieure des Postes et Télégraphes en se servant du réseau de lumière électrique comme antenne.

LA STATION RADIOTÉLÉGRAPHIQUE DE LYON

SON ORIGINE, SON DÉVELOPPEMENT, SON ÉTAT ACTUEL,

Par H. BALLET,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

La Station Radiotélégraphique de Lyon naquit au mois d'août 1914. Il y avait à ce moment-là au grand camp de la Doua un poste à onde amortie de 5 kW et c'est sur l'emplacement de ce petit poste que s'élève aujourd'hui la grande station.

Ce ne fut certes pas le motif qui poussa le gouvernement français à édifier à Lyon une station de grandes communications. Un autre plus important pesa sur sa décision.

En effet, fin août 1914, les armées allemandes se ruaient sur Paris, la capitale pouvait être investie d'un moment à l'autre ou bien prise. Or nous n'avions à cette époque qu'un seul grand poste, c'était celui de la tour Eiffel. Paris pris c'était l'abandon pour nous du poste de télégraphie sans fil, ou même s'il avait été seulement investi les canons à grande portée auraient eu vite raison de la tour Eiffel ; il devenait d'une impérieuse nécessité de construire une station à l'abri de tout danger.

Le ministre de la Guerre d'alors, M. Messimy, dont relevaient toutes les communications radiotélégraphiques, le comprit aussitôt et son esprit de haute clairvoyance doit être loué en cette circonstance. Il décida de faire édifier à Lyon une station puissante de façon à maintenir nos communications avec l'extérieur, principalement avec nos alliés les Russes.

A ce moment on embarquait à Marseille un appareil à ondes amorties, très moderne pour l'époque, à destination de Saïgon, la capitale de notre empire colonial d'Extrême-Orient. Le ministre jugea que ce matériel serait beaucoup plus utile en France et donna l'ordre de surseoir à son embarquement et de faire transporter tout ce matériel à Lyon.

Ce fut l'embryon de la station.

La station de Lyon, qui s'étend sur les terrains militaires du grand camp, comporta d'abord 8 pylônes de 120 mètres et un matériel radiotélégraphique à étincelles musicales. Ce matériel fut suffisant pour assurer une liaison permanente avec la Russie et les pays balkaniques.

L'antenne en forme de L renversé était soutenue par 8 pylônes

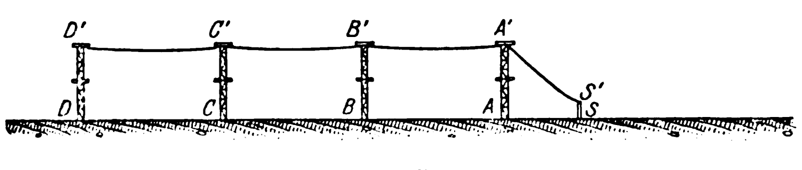
P L G E_1 E_2 E

D C B A S Axe général du Poste (Azimut 97° Ouest)

Q M K F

$AB = BC = CD = 250^m$ $AS = 120^m$

$FE = 120^m$ $EE_1 = 30^m$ $EE_2 = 45^m$



$DD' = CC' = BB' = AA' = 120^m$ $SS' = 15^m$

de 120 mètres haubannés. Ci-dessous le schéma et l'emplacement des pylônes :

Il sera parlé plus tard du poste à ondes amorties.

Dans le courant de l'année 1917, on installa deux arcs de 200 kW (continu) et on ne toucha pas à l'aérien. Ces arcs donnaient environ 180 ampères dans l'antenne et cette intensité fut suffisante pour que nos signaux soient entendus aux États-Unis. Ils ne l'étaient pas en permanence.

Vers le milieu de 1917, la Russie en proie à l'agitation révolutionnaire nous trahissait et faisait une paix séparée avec les puissances centrales. Les liaisons avec la Russie par Lyon perdaient de ce fait beaucoup de leur intérêt. Mais, si nos yeux avaient cessé de regarder l'Orient, à l'Occident la grande république des États-Unis venait à notre secours.

Lorsque se débattirent les conditions pour l'envoi en France d'un corps expéditionnaire, une des principales conditions posées par le général américain Pershing, fut qu'une liaison permanente et sûre serait établie entre la métropole américaine et le corps expéditionnaire.

Seule la radiotélégraphie répondait à cette condition. On ne pouvait compter d'une façon absolue sur les câbles qui étaient un moyen de communication trop précaire et à trafic restreint. C'est en 1917; que les Allemands redoublèrent d'activité dans la guerre sous-marine et on craignait, avec juste raison, que les Allemands ne coupassent les câbles qui nous reliaient avec les États-Unis. On sait qu'ils eurent l'audace d'aller torpiller des bateaux jusque devant New-York.

Cette liaison de toute heure ne pouvait donc être assurée que par la radiotélégraphie. Une conférence se réunit à Paris en octobre 1917 ; le représentant du gouvernement français, le général Ferrié, proposa plusieurs solutions pour atteindre le but cherché.

D'abord utiliser alternativement pour les communications France-Amérique la station de Lyon et de Basse-Lande qui, avec la tour Eiffel, étaient tout notre avoir comme stations à grande portée. Ces deux stations étaient entendues aux États-Unis mais seulement par intermittence ; par les périodes de grands troubles atmosphériques, les liaisons étaient impossibles. Cette solution était incomplète.

Il convenait donc de construire une station qui fût entendue en permanence en Amérique. C'est alors qu'on décida la construction du grand poste de Croix-d'Hins. Mais cette nouvelle station ne pouvait surgir immédiatement de terre, il fallait le temps pour se mettre d'accord sur son type, pour choisir son emplacement, amener à pied d'œuvre le matériel des pylônes, le matériel radiotélégraphique, construire les bâtiments, etc. Cette réalisation demandait un certain temps. Poussé par la nécessité d'établir aussi rapidement que possible cette liaison sûre demandée par les Américains en attendant la construction du poste de Croix-d'Hins, le gouvernement français (général Ferrié)

proposa d'augmenter la puissance de la station de Lyon. Cette proposition fut adoptée et il fut décidé d'agir à la fois sur la hauteur de l'antenne, sur sa capacité et sur la puissance mise en jeu dans l'antenne.

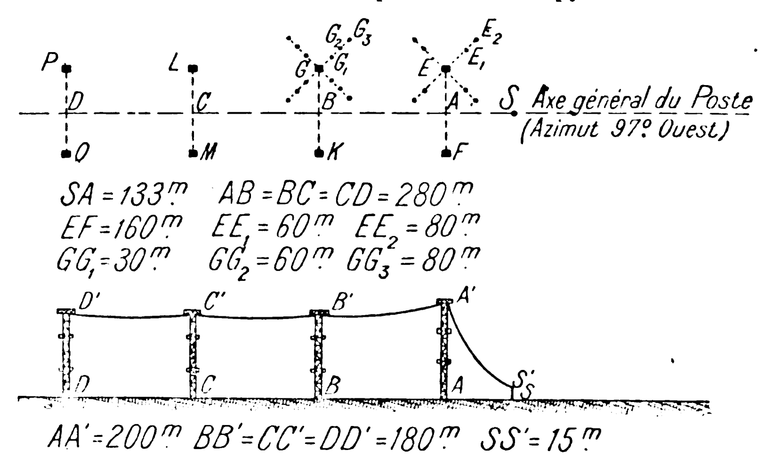
L'efficacité d'une station est, en effet, caractérisée par le produit $H_{eff} \times I$.

On augmenta également la capacité de l'antenne en écartant les pylônes.

Les deux premiers pylônes de 120 mètres furent complètement remplacés par des pylônes de 200 mètres. Les six autres pylônes de 120 mètres furent démontés, les fers en cornière provenant du démontage furent placés sur un poinçon neuf de 60 m. de façon à faire un pylône de 180 m. Toutes ces modifications apportées à l'ossature métallique de l'antenne et à l'antenne elle-même furent faites sans que le travail fût arrêté.

L'antenne en forme de L renversé était soutenue par 8 pylônes haubannés.

Ci-dessous le schéma et l'emplacement des pylônes :



Après avoir augmenté la hauteur effective de l'antenne, on agit ensuite sur la puissance mise en jeu. On installa à Lyon deux arcs Elwell de 450 kW continu pouvant mettre dans l'antenne une puissance de 125 kW. Cette puissance fut suffisante pour que nos signaux soient entendus aux États-Unis presque en permanence.

Dans le courant de l'année 1919, on installa à Lyon l'alternateur à haute fréquence à 20.000 périodes par seconde de la Société française radio-électrique. Dès les premiers essais, les stations d'écoute américaines étaient avisées par la Radiotélégraphie militaire qu'une nouvelle machine était en expérience à Lyon, et l'alternateur fut à plusieurs reprises utilisé aussitôt pour écouler le trafic France-Amérique. L'alternateur mettait dans l'antenne une puissance de 125 kW et ses émissions d'une grande pureté furent très bien entendues en Amérique.

En 1920 et 1921 on n'apporta à la station que des modifications de détail, dont l'une des plus importantes fut l'amélioration de la prise de terre.

Malheureusement un accident paralysa pour quelque temps l'activité de la station. Dans la nuit du 10 au 11 août 1921, un ouragan d'une force terrible abattit les deux premiers pylônes de 200 mètres.

Les deux supports d'antenne n'ont pas encore été remontés. Une antenne provisoire a été faite, et c'est dans son état actuel que je vous décrirai l'antenne.

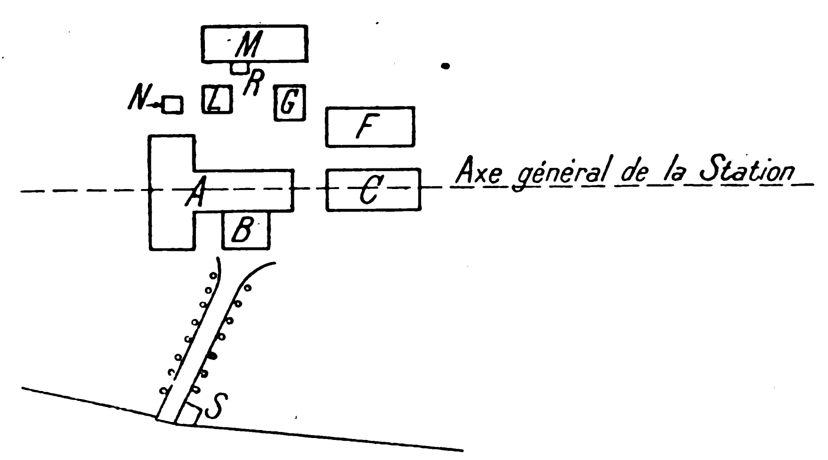
Avant de donner une description de la station, je vous indiquerai les différents services qu'elle a assurés jusqu'à son accident du 11 août 1921.

Avant cette date la station assurait, ou avait assuré, des liaisons avec les États-Unis (Annapolis, New-Brunswick, Tuckerton), avec l'Afrique Occidentale française (Rufisque), avec l'Afrique Centrale française (Communiqués), avec l'Afrique Équatoriale française (Brazzaville), avec l'Indo-Chine (Saïgon) et la Chine (Shanghaï), avec la Côte des Somalis (Djibouti). La station était bien entendue à Tananarive, elle était aussi entendue en Australie (alternateur HF).

Ce sont les signaux radiotélégraphiques de Lyon qui ont pour la première fois touché l'Australie. La station a fait à plusieurs reprises des séries de battements pendulaires pour la détermination exacte de la longitude du 129e méridien. La station de Lyon transmettait également les communiqués des Affaires étrangères destinés à répandre la pensée française dans le monde.

J'en arrive maintenant à la description de la station dans son état actuel, après avoir passé sous silence les péripéties de la reconstruction de l'antenne provisoire. Pour l'antenne, je donnerai les anciennes constantes afin de permettre un terme plus facile de comparaison.

Situation et description générale de la station. — La station radiotélégraphique de Lyon appelée aussi de « La Doua » à cause du nom du quartier dans lequel elle a été construite occupe une partie de l'emplacement du champ de manœuvres de la garnison de Lyon (environ 45 hectares, avec 3.200 mètres de périphérie). Elle est bordée à l'est par la butte de terre du stand de la garnison, au nord par la digue insubmersible des Brotteaux, à l'ouest par le champ de courses de Lyon, et au sud par le champ de manœuvres et par la caserne d'artillerie de la Doua. Cet emplacement choisi par l'autorité militaire se révéla par la suite trop exigu lorsqu'on voulut augmenter la puissance de la station.



A. Salle des machines. — B. Bureaux. — C. Dépendances. — F. Magasins de menuiserie. — G. Atelier. — H. Poste de coupure. — L. Accumulateurs. — M. Magasin et salle des anciens arcs. — R. Remise. — S. Conciergerie.

Une allée conduit à l'entrée du bâtiment principal construit sur un radier étanche qui comprend les bureaux et l'usine. A droite du bâtiment se trouvent des dépendances qui servent de

magasins. Derrière l'usine se trouve l'escalier (fer et bois), le magasin général attenant à une ancienne salle des machines (salle des arcs 200 kW), la salle des accumulateurs, le poste de coupure.

Antenne et prise de terre. — L'antenne de la station se compose de deux parties :

1° Une partie haute sur des pylônes de 180 m.

2° Une partie basse sur des pylônes de 28 m.

Cette composition a été adoptée à la suite de l'accident du 11 août 1921 pour permettre la reprise du trafic.

La partie haute est une nappe supportée par les six pylônes de 180 mètres.

1° *Pylônes.* — Chaque pylône comprend une membrure à section constante de la base au sommet de 1^{m}, 40 de côté, maintenue par 7 couronnes de haubans.

La hauteur du pylône est de 180 mètres mesurée au-dessus du niveau du sol à la plate-forme supérieure.

Les pylônes sont encastrés dans des massifs en béton.

Les membrures et cornières sont sectionnées en longueur de 5 mètres. Le treillis est composé de cornières fixées sur les membrures extérieurement au moyen de boulons. Des barres horizontales de contreventement s'opposent tous les 5 mètres à la déformation de la section carrée.

A la partie supérieure, et au tiers et deux tiers de chaque pylône, se trouve une plate-forme à encorbellement. Tous les 20 mètres il y a des paliers de repos.

Sur la plate-forme supérieure, il y a un dispositif de deux poulies à gorges pour la manœuvre de l'antenne.

Une échelle verticale à barreaux ronds est placée à l'intérieur du pylône.

A la base du pylône et à l'intérieur se trouve un treuil mû par un moteur électrique ; ce treuil sert à la manœuvre des traversiers d'antenne.

Chaque pylône est maintenu par 7 couronnes de haubans fixés au pylône aux hauteurs respectives de 28, 58, 83, 107, 130, 154 et 178 mètres.

Les 3 couronnes supérieures sont ancrées dans des blocs de béton distants de 80 mètres de l'axe de la base du pylône.

Les 3 couronnes suivantes sont fixées à des blocs distants de 60 mètres.

La septième à des blocs distants de 30 mètres.

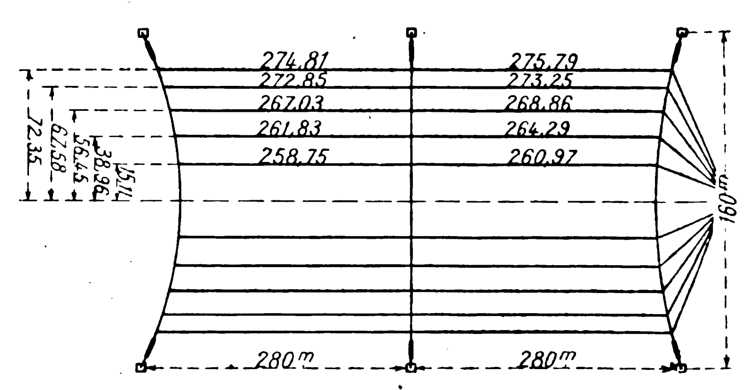
Les haubans sont sectionnés par des isolateurs de porcelaine.

Le tableau suivant résume les conditions de résistance des pylônes de 180 mètres :

Effort horizontal au sommet....... 1.500 kg.

Effort maximum du vent.......... 280 kg par mmq.

2° *Nappe d'antenne.* — La nappe se compose de 10 fils de cuivre de 4 mm de diamètre soutenue par trois traversiers en acier reliant les pylônes deux à deux, suivant le schéma ci-dessous :



Partie basse. — La partie basse de l'antenne est soutenue par 5 pylônes de 28 mètres et elle s'étend jusqu'à 413 mètres de longueur. Elle est constituée par deux câbles (composés chacun de 12 fils de 4^{mm} de diamètre liés ensemble). Les deux câbles sont supportés de part et d'autre du pylône par une double potence en fer. Le câble d'antenne est isolé du câble de manœuvre correspondant à chaque bras de la potence par un isolateur moyen modèle muni d'une couronne de répartition de potentiel.

Raccordement de la nappe d'antenne et du transport haute

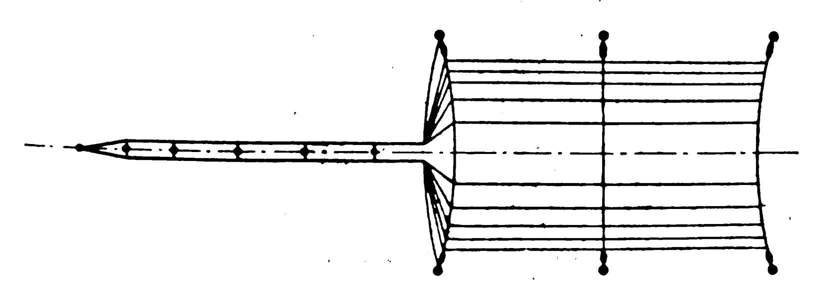
fréquence (partie basse). — La descente d'antenne, composée de 10 fils, raccorde les 10 fils de la nappe aux deux câbles de la façon suivante. Le raccordement se fait sur un traversier en acier tendu à 28 mètres entre les deux premiers pylônes de 180 mètres. Deux mètres avant l'arrivée au traversier les deux câbles ont été arrêtés au moyen d'une double cosse soudée. En amont, 12 fils se trouvent dans la cosse, en aval il n'y a plus que 5 fils par câble. Ces 5 fils, ce sont les prolongements des fils de la descente d'antenne, ils s'épanouissent sous forme d'éventail et sont passés sur 5 poulies placées à 50^{cm} de distance l'une de l'autre, et ils y sont fixés au moyen de ligatures. Il en est de même pour l'autre câble.

La partie milieu du traversier, d'une longueur de 50 mètres et sur laquelle sont les poulies, est isolée du reste du traversier par un train d'isolateurs de chaque côté (composé de deux isolateurs moyen modèle montés en parallèle).

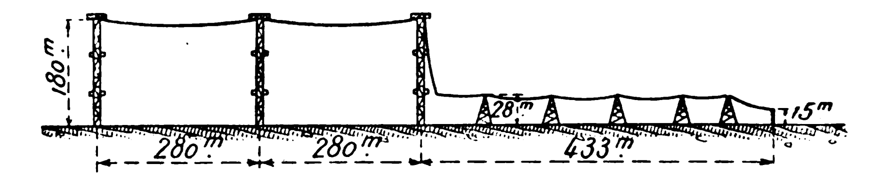
Entrée de poste. — Les deux câbles, deux mètres avant leur jonction aux deux peignes, ont été arrêtés avec une frette de cuivre. Les 12 fils de chaque câble sont passés dans les trous des peignes et sont arrêtés par des serre-fils. De même pour l'autre câble. Les deux peignes sont en série. L'ensemble des deux peignes est isolé du bâti du belvédère au moyen de deux isolateurs moyen modèle, un à chaque extrémité.

Avant leur sortie des peignes, les 24 fils sont lâches et vont se réunir dans un ensemble cosse-plaque de fixation. La plaque de fixation est réunie à la tresse souple d'entrée de poste au moyen de boulons et écrous à queue.

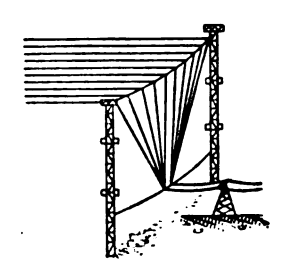
Ci-dessous la forme générale de l'antenne vue en plan :



Vue en élévation :



Vue de la descente d'antenne



Les constantes de cette antenne sont :

Longueur d'onde propre : 6.630 mètres.

Pour 15.200 mètres qui est la longueur d'onde normalenous avons:

R apparente = 1 ω,84 avec arc.

R apparente = 2 ω,1 avec alternateur.

Capacité effective 20×10^{-3} μF.

La grande valeur de R est due aux pertes occasionnées par le transport HF à basse hauteur.

Hauteur effective : 110 mètres.

Les constantes de l'ancienne antenne étaient :

Longueur d'onde propre : 5.700 mètres.

R apparente : 1 ω, 34 avec arc.

R apparente = 1 ω, 45 avec alternateur

Capacité statique : 22×10^{-3} μF.

Capacité dynamique : 37×10^{-3} μF.

Hauteur effective : 110 mètres.

En effet, il a été constaté que la hauteur effective de l'antenne, dont l'ossature métallique a été amputée des deux pylônes de 200 mètres, n'avaient pas diminué.

L'effet à distance produit est donc resté le même, à égalité de courant dans l'antenne.

C'est là un résultat remarquable de cette antenne.

Prise de terre. — La prise de terre se compose en réalité de 3 prises de terre qui ont été réunies ensemble.

1) La prise de terre de l'amortie.
2) La prise de l'air de l'ancien arc.
3) La prise de terre du nouvel arc.

La prise de terre de l'émission amortie est constituée par 26 ^{mq}, 50 de bande de zinc enfoncée dans le sol et à laquelle étaient réunis les 21 fils de cuivre formant image de l'antenne dans le sol et qui passaient sous le bâtiment des machines.

La prise de terre de l'ancien arc est constituée par 226 ^{mq}, 90 de bande de zinc enfoncée dans le sol. Elle était réunie à la prise de terre de l'émission amortie, la première en date, par une bande de cuivre rouge de 11 ^{mq}, 90.

La prise de terre du nouvel arc est constituée par 289 ^{mq}, 80 de bande de zinc enfoncée dans le sol. 568 ^{mq} de zinc ont été placés sous le dallage du rez-de-chaussée de la salle des selfs et de la nouvelle salle des machines. Cette bande de zinc est réunie à d'autres bandes de zinc qui, de 10 mètres en 10 mètres environ, descendent le long du bâtiment et se perdent à 40 cm dans le sol, ou dans des puits.

Toutes ces prises de terre sont réunies par des bandes de cuivre qui entourent la station. Des puits ont été ménagés pour alimenter en eau ces prises de terre.

L'image de l'antenne constituée par 21 fils est enfouie dans le sol.

Les pylônes sont à la terre. Les massifs d'ancrage des pylônes ont été réunis au pylône (pour les deux premiers pylônes). Ces deux premiers pylônes sont réunis à la prise de terre centrale. Des travaux entrepris vont les réunir tous à la prise de terre centrale.

Alimentation de la station en énergie électrique. — L'énergie

électrique est fournie à la station par la Sté lyonnaise des Forces motrices du Rhône, dite « Jonage », sous forme de courant triphasé 50 périodes, 3.200 volts entre conducteurs.

L'arrivée du courant est souterraine et se fait par deux câbles (3 × 25) travaillant en parallèle. Les deux câbles arrivent à un poste de coupure qui se trouve au nord de la salle des machines.

Ce poste de coupure permet d'isoler la station du réseau ou vice versa. Il comprend :

1° Les appareils de production du réseau de Jonage ;

2° Deux disjonctions automatiques.

Depuis la mise en parallèle des deux câbles en amont et en aval du poste de coupure, un seul automatique est utilisé. L'automatique est réglé pour laisser passer une puissance de 600 HP, soit 150 ampères environ.

La cabine de distribution du courant de haute tension est située dans le sous-sol de la salle des machines de l'émission amortie, sous les transformateurs 3.200/500 volts. Cette cabine où arrivent les deux câbles travaillant en parallèle comprend :

2 châssis portant les disjoncteurs automatiques des transformateurs 3200/500 volts, ainsi que les sectionneurs.

1 châssis quadruple portant des sectionneurs des transformateurs 3.200/500 volts. Le sectionneur du 3200 direct et deux jeux de sectionneurs, mettant en parallèle les deux câbles d'alimentation.

La sous-station de transformation proprement dite se trouve dans la salle des machines de l'émission musicale, emplacement Nord-Ouest de la salle.

Le tableau ci-dessous donne la répartition des tensions et leur utilisation :

3200 ^{V} direct. — Groupe convertisseur de l'alternateur H. F.

500^{V} transformé. — Groupe convertisseur. — Arc. — Émission amortie. — Services auxiliaires de l'alternateur H. F.

200 ^{V} transformé. — Distribution d'eau, d'air comprimé. — Atelier 110 ^{V} — Éclairage de la station.

La sous-station comprend :

4 transformateurs alimentés au primaire par 3.200 volts, 2 transformateurs d'une puissance nominale de 360 kW 3.200 V, 59 ampères au primaire et 500 V, 513 ampères au secondaire. Ces transformateurs sont à bain d'huile, refroidie par une circulation d'eau. 2 transformateurs de 150 kW, 3200/500 volts; un seul est normalement en service, l'autre est de rechange, il peut être mis en service en changeant le jeu des fusibles inverseurs se trouvant sur les primaires et sur les secondaires ; l'un est du type à refroidissement naturel dans l'air, l'autre est du type à refroidissement naturel dans bain d'huile.

Un panneau de marbre cache les transformateurs. Sur ce panneau se trouvent les volants de commande des automatiques des transformateurs 3200/500 V et les interrupteurs secondaires, les interrupteurs pour les 200 volts et pour l'éclairage 110 volts, 4 compteurs d'énergie. En haut du tableau de marbre il y a un jeu de lampes-témoins pour chaque transformateur.

Description de la station. Matériel radiotélégraphique. — La station radiotélégraphique de Lyon dispose d'un matériel d'émission à ondes amorties et à ondes entretenues. Nous retrouvons dans sa composition toute l'histoire de la radiotélégraphie.

Lorsqu'un visiteur pénètre dans la salle des machines par la porte venant des bureaux il a à sa droite le matériel à ondes amorties, à sa gauche le matériel à ondes entretenues.

Pour suivre l'ordre chronologique d'installation, nous décrivons l'émission amortie :

L'émission d'une puissance maximum de 150 kW au primaire du transformateur comporte essentiellement :

2 Groupes : Moteur asynchrone. — Alternateur 1000 périodes.

2 Groupes : Moteur asynchrone. — Génératrice à courant continu pour l'excitation des alternateurs, l'excitation en bout d'arbre n'est pas utilisée.

2 transformateurs 1000 périodes.

2 circuits oscillants : circuit nord monté ordinairement en Tesla ; circuit sud monté ordinairement en Oudin.

1 soufflerie pour chacun des circuits oscillants.

L'appareillage est conçu de façon à pouvoir employer à volonté l'un quelconque de ces appareils.

Un éclateur tournant est monté en bout d'arbre de l'alternateur.

Le montage des excitatrices est prévu pour faire débiter celles-ci, soit séparément, soit en parallèle.

Caractéristiques des appareils. — 1° GROUPE 1.000 PÉRIODES. — A. *Moteur asynchrone* : triphasé 450 HP, 500 volts, 50 périodes, 738 tours minute, monté en étoile.

$$\text{Cos } \varphi = 0,9.$$

Il comporte un rhéostat de démarrage avec dispositif de mise en court-circuit du rotor pendant la marche et relevage des balais sur les bagues.

B. *Alternateur 1.000.* — Monophasé, lié au moteur asynchrone par manchon d'accouplement rigide, *f. é.-m. à vide*, 500 volts. Courant de court-circuit 600 ampères correspondant à une f. é.-m. à vide de 500 volts.

$$\text{Cos } \varphi = 0,5.$$

Les enroulements inducteurs sont établis de façon à permettre la manipulation sur l'excitation de l'alternateur, c'est-à-dire que les constantes électriques, self, etc., sont telles qu'on puisse modifier très rapidement la tension de charge de l'alternateur en court-circuitant au moyen du manipulateur la moitié environ des résistances intercalées dans l'excitation.

Le rendement de l'alternateur est de 85 % environ.

2° GROUPES D'EXCITATION. — Moteur triphasé 31 HP, 500 volts, 50 périodes, 1.540 tours minute entraînant par manchon d'accouplement rigide.

Une génératrice à courant continu à excitation shunt : 20 kW 115 volts, 180 ampères, 1.450 tours minute.

Un rhéostat d'excitation permet de faire varier la tension de la génératrice de 70 à 150 volts.

3° RHÉOSTAT D'EXCITATION DE L'ALTERNATEUR. — Il comprend deux parties en série :

a) Une résistance variable de 3,5 ohms permettant des variations de courant d'excitation de 30 à 190 ampères.

b) Une résistance pouvant être court-circuitée par la manipulation et comportant une partie fixe de 3 ohms et une partie variable de 3 ohms.

4° Self inductance primaire. — Elle est à noyau de fer à variation continue pour le réglage de la résonance. Cette self se trouve au magasin 25 (sous-sol de la salle des machines).

5° Transformateur a 1.000 périodes. — L'alternateur débite sur la capacité par l'intermédiaire du transformateur calculé pour qu'il y ait résonance entre cette capacité et la self de la machine complétée au besoin par la self additionnelle primaire.

7 rapports de transformation peuvent être obtenus :

6,5 — 8 — 9 — 10,5 — 13 — 14,5.

Deux selfs de protection sans fer en spirale ayant un pas de 20 mm constitué par du fil de cuivre de 6 mm de diamètre, sont placées en série sur le secondaire du transformateur (côté haute tension pour empêcher le retour de la H. F. au transf.).

6° Circuit oscillant. — Il comprend :

A. — Une batterie de condensateurs formée de 32 bacs de 0 μF,05 donnant une capacité totale de 1 μF,6 quand les bacs sont groupés en parallèle.

Chaque bac de 5/100 est formé de 21 plaques d'aluminium de 51,5 mm × 0,5 mm séparées par 20 lames de verre de 62 mm × 42 mm × 0,7 mm noyées dans l'huile. L'huile employée est celle pour transformateur qu'on a eu soin de faire sécher avant le remplissage des bacs. Il faut 60 litres d'huile par bac (poids de l'huile 52 kg.).

Tension maximum que peut supporter un condensateur : 25.000 v.

B. — *Un éclateur* à cône mobile excentré et à soufflerie. Le cône mobile ou « nez » est entraîné par un moteur triphasé 1/2 HP, 200 volts, 50 périodes. De plus, le chariot porte-couronne de l'éclateur peut être déplacé par un petit moteur triphasé de 200 volts, 1/4 HP, 50 périodes, de façon à pouvoir régler en

marche la distance explosive de la salle des machines par le jeu d'un inverseur.

La soufflerie de l'éclateur du type à débit constant (Root) est entraînée par pignons par un moteur triphasé 15 HP, 200 volts, 50 périodes. Vitesse 1.400 tours par minute.

C. — Une self à spirales identiques pour l'Oudin et pour le primaire du Tesla est faite en bande de cuivre rouge de 220 ^{mm} de large sur 1 ^{mm}, 5 d'épaisseur ayant un pas de 140 ^{mm}, le rayon d'origine (intérieur) étant de 300 ^{mm}.

Les connexions mobiles de l'éclateur et de l'antenne à la self sont faites par des pinces dont le serrage est assuré par des écrous à oreilles.

La self secondaire du Tesla est en bande de cuivre rouge de 60 ^{mm} de largeur enroulée en spirale de 7 tours 1/2, ayant un pas de 70 ^{mm}, le rayon d'origine étant de 500 ^{mm}.

L'isolement est réalisé par des porcelaines en accordéon de 55 ^{mm} de diamètre.

7° Self d'antenne. — Elle est constituée par une bande de cuivre rouge de 50 ^{mm} de largeur enroulée en spirale ayant un pas de 60 ^{mm} et un rayon d'origine de 500 ^{mm}. Elle est montée sur un châssis en bois de 2 ^{m}, 80 de côté et isolée du parquet par des porcelaines.

Un tube de cuivre partant du centre de la self aboutit à un inverseur placé près des deux circuits oscillants qui permet de l'utiliser pour l'un ou l'autre de ces circuits.

8° Manipulation. — La manipulation a lieu sur l'excitation de l'alternateur au moyen d'un relais de manipulation à turbine à mercure (relais Beaudoin).

A l'heure actuelle, la manipulation, susceptible d'être utilisée, se ferait sur le secondaire du transformateur élévateur de tension avec commande de l'étincelle par un circuit auxiliaire.

La coupure du secondaire est réalisée avec un relais électro-pneumatique Creed, l'étincelle de rupture est soufflée avec de l'air à 5 kg de pression.

Quelques données sur l'émission amortie à étincelle commandée :

1° Excitation en trait continu : 120 V, 150 A.

2° Au primaire du transformateur : 380 V, 470 A.

3° Rapport de transformation : 9.

4° Avec distance explosive de 4 mm à chaque éclateur (deux éclateurs en série).

1 antenne = 100 ampères.

A gauche de la porte d'entrée, se trouve le matériel à ondes entretenues. Quand on regarde la salle dans le sens de la longueur on aperçoit un couloir bordé par deux rangées de machines et au fond la self d'antenne.

Pour suivre l'ordre chronologique d'installation du matériel à ondes entretenues nous commencerons par l'arc :

Arcs. — Les arcs sont du type Elwell de 450 kW continu. On connaît le principe des convertisseurs à haute fréquence. Si on monte en parallèle, avec un arc alimenté par du courant continu, un circuit comportant une self L et un condensateur C, il se produit dans ce circuit dérivé des oscillations dont la fréquence est celle qui correspond à la période du circuit $T = 2\pi\sqrt{LC}$. Si on plonge les électrodes dans un mélange d'hydrocarbures, on peut atteindre les fréquences de l'ordre de celles employées en T.S. F.

Le rendement de ces appareils est au plus de 40 % et pour dissiper l'énergie dépensée dans l'arc on est obligé d'employer des moyens de refroidissement puissants.

Voici quelques données relatives aux arcs de Lyon :

a) Groupe convertisseur d'alimentation, et son groupe d'excitation.

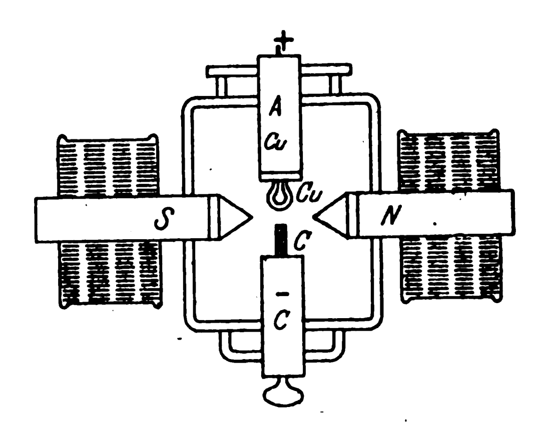
Dynamo à courant continu à excitation séparée (1.000 V, 450 A) entraînée par un moteur asynchrone triphasé de 680 HP, 500 volts, 50 périodes, 490 tours minute.

Dynamo à courant continu à excitation séparée (250 volts, 32 ampères) entraînée par un moteur asynchrone triphasé de 16 HP, 500 V, 50 périodes, 1.500 tours minute.

Le même moteur entraîne aussi une dynamo shunt de 0 k.750 qui fournit le courant d'excitation de la dynamo d'excitation de la machine de 1.000 volts.

b) *Anode.* — Elle est constituée par un tube de cuivre rouge

coudé de 22 mm de diamètre extérieur et de 9 mm de diamètre intérieur et énergiquement refroidie par une circulation d'eau. Elle est isolée de la chambre de combustion.



Cathode. — Elle comporte un cylindre de charbon fortement graphité de 60 mm de diamètre supporté par un porte-charbon en laiton empli dans un fourneau à double paroi avec circulation d'eau. Le porte-cathode poussé vers l'avant par un ressort s'appuie sur une butée solidaire d'un poussoir en ébonite qui sert à l'amorçage et d'un volant également en ébonite servant au réglage de la longueur de l'arc. Ces différentes pièces sont supportées par un plateau en ébonite pour faciliter l'enlèvement du charbon.

Un petit moteur assure la rotation du charbon.

La cathode est à la terre.

Chambre de combustion. — Elle est en bronze et est à double paroi ainsi que son couvercle pour permettre la canalisation d'eau.

Le gaz d'éclairage arrive à la partie inférieure et l'échappement se fait par un gros tube d'acier raccordé à la partie supérieure.

Poids de la cuve en ordre de marche : 750 kg.

Champ magnétique de soufflage. — C'est un champ magnétique (7 à 8000 gauss) engendré perpendiculairement à l'arc par deux noyaux de fer N et S terminés en cônes tronqués qui pénètrent dans la cuve et portent extérieurement les bobines de champ traversées par le courant continu de l'arc.

Le circuit magnétique fermé comprend une culasse horizontale enrobée dans le massif en béton qui supporte la cuve et 2 montants verticaux qui se terminent par des genouillères pourvues d'un trou cylindrique dans lesquelles coulissent les noyaux de fer doux.

L'entrefer est de 13 cm, 5 pour $\lambda = 15.200$ mètres.

Le champ magnétique produit un puissant soufflage de l'arc et le rend instable.

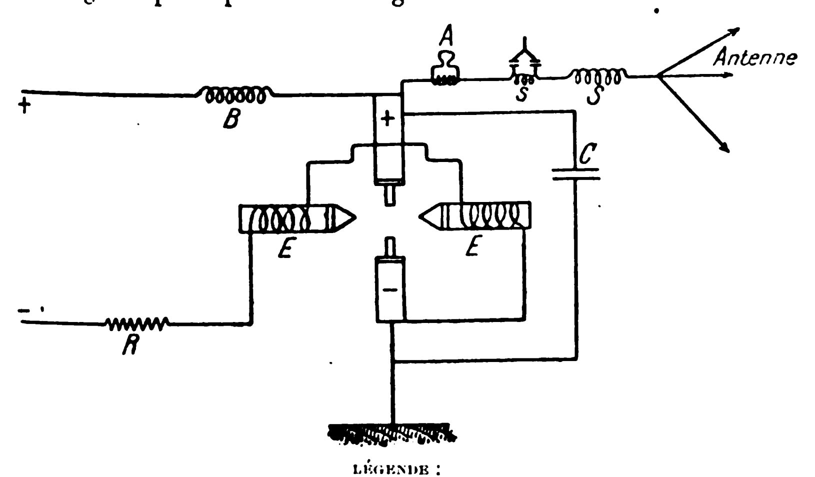
Poids du circuit magnétique : 3.800 kg.

Réfrigération. — De l'eau à 3 kg de pression circule dans l'anode, dans le fourneau porte-cathode, dans le double paroi de la cuve et de son couvercle.

L'eau est puisée dans le sol à l'aide de moto-pompes.

Appareillage et mise en marche des arcs.

L'arc est embroché directement entre l'antenne et la terre. Le montage de principe est celui figuré ci-dessous.



LÉGENDE :

B. Bobine de choc. — A. Ampèremètre d'antenne. — s. Self manipulation. — S. Self d'antenne. — E. Champ de soufflage. — R. Résistance de démarrage. — C. Condensateur et dérivation aux bornes d'eau.

Le courant venant de + 1000 volts après avoir passé dans deux systèmes de bobines de choc arrive à l'anode, passe dans la cathode, les bobines de champ de soufflage, et retourne au pôle des — 1000 volts.

L'amorçage de l'arc est réglé par un rhéostat de démarrage dont les résistances successives sont mises hors circuit par un jeu de contacteurs électromagnétiques actionnés par un courant local à 110 volts ; la commande des contacteurs est effectuée par un commutateur disposé sur le pupitre de manœuvre de chaque arc.

Un jeu de contacteurs électromagnétiques permet aussi de faire varier l'intensité du champ de soufflage.

Une self d'antenne de forme hyperboloïdale est intercalée dans l'antenne pour en régler la longueur d'onde. En série avec cette self il y en a une deuxième plus petite qui sert à la manipulation.

Une capacité de 5/100 μF est branchée en dérivation aux bornes de l'arc afin d'en améliorer le rendement.

Manipulation. — La manipulation des courants émis par l'arc s'obtient en court-circuitant une self auxiliaire (onde de repos) ou en laissant en série (onde de travail) dans l'antenne.

Cette self auxiliaire est placée dans un plan perpendiculaire à celui de la self principale (en dehors du champ).

L'appareil de manipulation est un relais électropneumatique Creed. Il coupe au moment de la rupture du court-circuit des courants très intenses.

Il comporte deux bras mobiles commandés par un relais électropneumatique. Ces bras portent des contacts en argent qui viennent s'appuyer contre des contacts fixes de même métal auxquels viennent aboutir les deux extrémités de la self à court-circuiter. Sous chaque paire de contacts est disposé un ajutage qui dirige entre eux une lame d'air comprimé. Cet air a pour fonction de refroidir les électrodes et de souffler l'arc de rupture.

La mise en court-circuit de la self auxiliaire a pour effet de modifier la longueur d'onde des ondes émises. L'onde longue cor-

respond aux signaux, l'onde courte aux intervalles entre les signaux.

L'écart entre ces deux ondes est d'environ 200 mètres.

La manipulation a lieu en local ou à distance. Il en sera parlé plus tard.

Quelques renseignements sur l'arc de Lyon :

Longueur d'onde d'émission : 15.200 mètres.

V_c = 730 volts.

I_c = 360 ampères.

I_a = 250 ampères (on arrive à mettre 290 ampères dans l'antenne mais au prix d'une grande diminution du rendement).

P antenne = 112 kW, 5.

$$\text{Rendement total} = \frac{\text{Puissance antenne}}{\text{puissance prise au secteur}} = 0{,}32.$$

R antenne = $1^{\omega},84$.

R de rayonnement = $0^{\omega},088$.

Puissance rayonnée = 5 kW, 5,

Rendement de l'oscillateur = 5 %.

Alternateur à haute fréquence de 150 kW antenne. — L'alternateur à haute fréquence installé à Lyon est la première machine de ce type à grande puissance qui ait été réalisée.

Le groupe installé à Lyon comprend 3 machines accouplées par manchon rigide et reposant sur un socle commun :

1 moteur à courant continu,

1 alternateur à haute fréquence 20.000 périodes par seconde,

1 alternateur à 1000 périodes par seconde.

L'alternateur à 1000 périodes avait été prévu pour alimenter, le cas échéant, un dispositif à étincelles musicales et aussi dans un but de régulation du groupe.

Moteur à courant continu. — C'est un moteur à collecteur radial. Il est entièrement fermé. L'arbre comporte des fraisures dont le but est d'aspirer l'air frais venant de l'extérieur en passant par un filtre à air. Cet air est aspiré de chaque côté de l'arbre et après avoir refroidi les parties actives du moteur est refoulé dans

une buse placée sous la carcasse et de là dans la conduite d'évacuation.

Le moteur comporte 4 pôles principaux et 4 pôles auxiliaires. Le collecteur est du type à deux gorges, les lames de mica de 12/10 séparant les secteurs sont fraisées à une profondeur de 1 mm environ.

$U = 500$ volts.

$I = 750$ ampères.

Puissance absorbée $U \times I = 375$ kW.

Vitesse périphérique du rotor : 90 mètres par seconde.

Vitesse de rotation : 3000 tours minute.

Excitation séparée sous 110 volts consommant environ 22 ampères.

Alternateur à haute fréquence système S. F. R. — L'alternateur à haute fréquence est une machine à fer tournant homopolaire, à réluctance variable et sans enroulement mobile. Il comprend deux induits et une bobine d'excitation centrale. L'excitation consomme sous 110 volts environ 1 ampère.

Chaque induit est divisé en deux parties et le point milieu est à la terre. L'induit se compose donc de 4 sections dont les caractéristiques sont pour chacune (pour une vitesse peu inférieure à 3000 tours par minute) :

Force électromotrice à vide..............	300 volts
Courant de court-circuit en charge........	45 ampères
Tension aux bornes.....................	800 volts
Courant par section.....................	95 ampères
	(décalage 0,5 en avant)

L'isolement de l'induit est de 2.000 volts.

Constitution de la machine :

Rotor. — Le rotor est en acier forgé et présente à sa périphérie des queues d'aronde dans lesquelles sont maintenues les tôles. Ces dernières sont serrées à bloc dans une frette mise à chaud et des plaques de butée.

Le rotor comprend 408 dents, le pas polaire est de 3 ^{mm}, 5.

Stator. — Le stator formant carcasse magnétique est en acier. Il porte à son intérieur des queues d'aronde dans lesquelles sont maintenues les tôles.

Le stator comprend 272 dents, la largeur d'une dent et d'une encoche est de 11 ^{mm}, 25.

Les tôles du rotor et du stator sont en acier au silicium, elles ont 5/100 de millimètre d'épaisseur et sont isolées au vernis. Ces tôles ont un très faible coefficient d'hystéresis et sont très résistantes.

Le stator porte les bobines induites, l'enroulement est en zig-zag.

L'excitation est assurée par une couronne en cuivre placée sur le rotor (elle divise le rotor en deux suivant un parallèle). Le support de bronze de la bobine assure la conduction en venant se loger dans une rainure se trouvant sur le stator.

Entrefer. — L'entrefer est réglé à 9/10 de millimètre. Des regards ont été ménagés sur les flasques pour en permettre la vérification, à l'aide de jauges.

Des flasques fixés sur la carcasse ferment les machines.

Refroidissement de la machine. — Le rotor est à refroidissement par circulation d'huile. A cet effet des canaux ont été percés de part et d'autre du rotor et ceux-ci sont connectés et groupés de telle façon que l'on ait 4 circuits en parallèle de 8 canaux chacun.

L'huile arrive au rotor par l'extrémité libre de l'arbre ; après avoir traversé les canaux elle est ramenée au centre de l'arbre, passe à travers l'arbre du moteur pour être recueillie dans une colonnette d'évacuation munie d'un presse-étoupe et d'une glace permettant de vérifier l'écoulement.

Le stator est également refroidi par une circulation d'huile.

L'huile de refroidissement évacuée de l'alternateur se rend dans une cuve réservoir, de là dans deux cuves de réfrigération dans lesquelles se trouve un serpentin parcouru par de l'eau et ensuite dans la cuve tampon.

La circulation d'huile sous pression est commandée par une petite pompe à engrenages entraînée par un moteur asynchrone.

La pression d'huile dans le rotor est 1 kg, 800.

La pression d'huile dans le stator est 0 kg, 900.

Graissage. — Le graissage des paliers se fait sous pression au moyen d'une pompe à engrenages commandée mécaniquement par la rotation du groupe.

Le graissage se fait sous 2 kilos de pression environ.

Conditions spéciales de l'intérieur de la machine. — Dans le but de diminuer les pertes par ventilation, le rotor tourne dans un vide partiel. A cet effet, la machine est hermétiquement close par des flasques se fixant sur la carcasse. Les joints sont assurés par une feuille de klingérite de 1 millimètre d'épaisseur. Pour éviter les rentrées d'air entre l'arbre et les flasques, il y a des presse-étoupes en charbon très tendu qui viennent frotter légèrement sur l'arbre. Des joints en caoutchouc en assurent l'étanchéité.

Le vide est d'environ 56 centimètres de mercure, il est obtenu à l'aide d'une pompe spéciale commandée par un moteur asynchrone.

Vitesse de la machine. — La machine a une vitesse un peu inférieure à 3000 t/m., à peu près 2990.

La vitesse périphérique est de 150 mètres à la seconde.

La vitesse critique de l'arbre est de 4.000 tours par minute.

Régulation du groupe alternateur. — Le groupe comporte un régulateur de vitesse, système Thury, constitué par un régulateur à boules contenu dans une boîte en fonte. Le régulateur est commandé par l'arbre du moteur par l'intermédiaire d'une boîte de vitesse permettant de changer le rapport des vitesses entre le groupe et le régulateur.

Ce dernier très isochrone commande à l'aide d'un levier un balai de charbon venant en contact avec un disque de cuivre rouge tournant à faible vitesse. Ce balai a pour but de court-circuiter

une résistance réglable, mise en série avec les inducteurs du moteur, et de faire varier l'excitation du moteur de façon à maintenir sa vitesse constante. On obtient ainsi une série d'oscillations de très faible amplitude du courant d'excitation maintenant la vitesse constante.

Le moteur du groupe H.F. est alimenté à potentiel constant 500 volts, et la tension d'alimentation du groupe 500 volts est maintenue constante à l'aide d'un régulateur Thury agissant sur son excitation.

Démarrage et mise en route. — Le démarrage se fait en Ward Léonard en excitant progressivement la génératrice 500 volts. La durée de la mise en route est d'environ 15 minutes.

L'arrêt demande 5 minutes environ.

Groupe d'alimentation. — Le courant d'alimentation du moteur du groupe H F. est fourni par un groupe convertisseur, courant triphasé, courant continu, portant en bout d'arbre une excitatrice générale.

Les caractéristiques de ce groupe sont :

Côté alternatif : tension 3200 volts ; courant 100 ampères.

Côté continu : tension 500 volts ; courant 750 ampères.

Vitesse du groupe : 590 t/m.

Excitatrice : 115 volts ; 52 ampères.

La tension de la génératrice 500 volts est maintenue constante par l'intermédiaire d'un régulateur de tension système Thury du type « industriel ».

Circuit haute fréquence d'utilisation. — Les 4 sections de l'alternateur débitent directement dans les enroulements primaires des transformateurs élévateurs de tension. Les secondaires de ces transformateurs couplés en série parallèle sont intercalés dans le circuit antenne-terre.

Les transformateurs sont du type sans fer et à fuite (transformateur du type « Tesla »). Leur accouplement est variable, en vue d'égaliser la charge des différentes section de l'alternateur.

La résonance de l'antenne sur la fréquence donnée par l'alter-

nateur se règle d'abord par la self d'antenne. L'achèvement du réglage s'effectue en agissant à la main sur la commande du régulateur de vitesse jusqu'à ce que l'ampèremètre d'antenne atteigne sa déviation maximum.

Le circuit primaire ne comprend aucune capacité.

Le circuit secondaire ne comprend que la capacité de l'antenne.

Transformateurs Tesla. — Caractéristiques des Teslas établies pour l'antenne de Lyon, dont les constantes étaient avant l'accident du 11 août 1921 :

Capacité effective : 28/1000 de microfarad.

Pour longueur d'onde propre : 5700 mètres.

Résistance apparente pour 15.200 m. avec alternateur : 1ω,45.

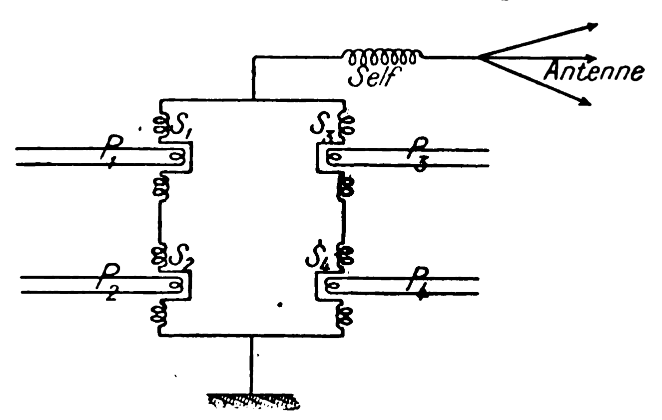
Self induction d'une spirale (primaire) 0 mH, 1.

Self induction d'un secondaire (4 spirales) : 0 mH, 9.

Chaque secondaire est formé de 4 self inductances spirales en série divisées en deux groupes. Entre ces deux groupes peut se mouvoir en glissant dans son plan le primaire formé par une spirale identique à l'une des spirales secondaires.

Toutes les self inductances secondaires sont en addition de flux.

La self inductance du secondaire est de : 0 mH, 9 puisqu'elle est formée de deux circuits de 1 mH, 8 en parallèle.



Les courants primaires sont sensiblement la moitié des courants secondaires.

Les self inductances primaires et secondaires sont formées par des bandes de cuivre de 40 ^{m} × 1 ^{mm} enroulées au pas de 4 ^{cm} sur des bâtis croisillonnés en chêne.

Self d'antenne. — Elle est commune à l'alternateur et à l'arc.

Elle est constituée par une spirale divisée, de cuivre rouge enroulée en forme d'hyperboloïde, de rayon variant de 1,8 à 1,55.

Cette forme a été adoptée à la suite d'essais et il fut reconnu qu'elle convenait le mieux pour que la température des spires reste sensiblement uniforme au cours du fonctionnement d'un système d'émission.

La spirale divisée est formée de 10 bandes de cuivre de 35 ^{mm} × 1 ^{mm}, 2 isolées entre elles avec du ruban et enroulées de façon à avoir toutes la même longueur afin de permettre une répartition uniforme du courant. Dans ce but, chacune des 10 bandes de la spirale passe à son tour à l'extérieur des spires.

Il n'y a pas de commutateur d'onde. Des prises spéciales établies par 10.000 et 15.000 mètres de longueur d'onde (arc et alternateur) sont telles que le contact entre les 10 bandes n'est possible que si la prise est utilisée. Il n'y a donc pas de changement dans la répartition du courant dans les bandes.

La spirale est enroulée sur un cadre à base dodécagonale en bois étuvé et paraffiné, supporté par des isolateurs en porcelaine de 1 mètre de hauteur (un isolateur central et un isolateur tronconique à l'extrémité de chacun des rayons du dodécagone). Les isolateurs reposent sur de petits massifs de béton. La distance entre le sol et la spire inférieure de la self est d'environ 2 mètres.

La self est isolée pour 150.000 volts.

La self a 28 spires, sa valeur est de 2 mH, 52 pour $\lambda = 15.200$ ^{m}.

Sa résistance en haute fréquence ($\lambda = 15.200$) est 0 ω, 20.

Manipulation. — La manipulation s'opère en court-circuitant les 4 sections de l'alternateur au moyen de 4 contacteurs indépendants. La puissance débitée par l'alternateur pendant la période de repos se réduit donc aux pertes de celui-ci dans la marche en court-circuit.

Les 4 contacteurs sont commandés par un petit relais galvanométrique. Ce sont des électro-aimants polarisés à plongeur.

Quelques données sur l'alternateur :
I antenne = 250 Ampères
R apparente de l'antenne = 2,1 ohms
Puissance mise en jeu dans l'antenne : 130 kW.
Rendement en manipulation :

$$\frac{\text{Puissance antenne}}{\text{Puissance prise au secteur}} = 55\,\%.$$

L'alternateur donne une émission très pure ; avant l'accident du 11 août, il était entendu en Australie ; même dans l'état actuel de l'antenne il est entendu à Tananarive.

Sous-sol de la salle des machines. — La station dispose de vastes sous-sols où sont installés les différents services auxiliaires.

Fabrication de l'air comprimé destiné à souffler les étincelles de rupture aux clés de manipulation et à actionner les relais électropneumatiques : il y a deux compresseurs Ingersoll-Rand.

Dispositif de refroidissement du groupe H. F.

Dispositif de graissage sous pression du groupe H. F.

Dans le sous-sol de l'arc il y a les bobines de choc de protection de la machine 1000 volts, la résistance de démarrage de l'arc, la résistance de démarrage du moteur asynchrone, etc...

Dans ce sous-sol également : la distribution d'eau, de gaz, et toutes les canalisations et barres électriques.

Services annexes. — *Accumulateurs.* — La station dispose d'une batterie d'accumulateurs de 120 volts, 180 AH, destinée à alimenter les circuits des contacteurs de l'arc et également les contacteurs du circuit d'excitation de l'alternateur. Cette batterie sert aussi de secours pour l'éclairage en cas de panne du réseau.

Le courant de 120 ^{V} joue le rôle d'un dispositif de sécurité. Il est distribué, soit sur arc, soit sur alternateur à l'aide d'un inverseur. Quant le courant de 120 est sur l'arc, il n'y a pas moyen de mettre l'antenne en charge ou vice versa. Une dérivation de ce courant sert à alimenter un contacteur qui provoque, lorsqu'on ferme un des trois interrupteurs de sécurité, le déclen-

chement de l'automatique du poste de coupure, ceci en cas d'incendie de la station.

Un interrupteur général coupe le circuit.

L'interrupteur cadenassé dans sa position d'ouverture par le gabier, empêche lors des travaux dans les pylônes, toute mise en charge de l'antenne.

Atelier. — La station dispose d'un atelier comprenant des tours, une fraiseuse horizontale, une machine à percer, une fraiseuse universelle, un étau-mineur, une machine à affûter, etc... en somme tout l'outillage nécessaire pour les réparations et l'usinage des pièces de consommation courante.

Magasin. — Un magasin général pour l'approvisionnement et deux magasins dans les sous-sols.

Exploitation de la station. — La station est commandée à distance par le Bureau Central Radio.

Le rôle de l'usine consiste à mettre l'antenne en charge à la demande du B.C.R., à surveiller la bonne qualité du courant (stabilité, régularité de fréquence), la bonne marche des clés de manipulation. Le B.C.R., est chargé de la partie quantitative et à cet effet il fait l'écoute locale des signaux transmis par la station.

La transmission est automatique, elle a lieu à Paris avec des appareils Wheatstone. Les signaux sont reçus à l'usine dans un relais Baudot, dont les courants locaux aotionnent les relais des clés de l'arc ou de l'alternateur.

Le service est fait en duplex, l'écoute des postes travaillant avec la station est faite par la station d'écoute de Villejuif.

A l'heure actuelle la station radiotélégraphique de Lyon travaille avec Annapolis, Graudenz, Sofia, Belgrade, Budapest, Stockholm.

La station assure aussi divers services spéciaux dont le plus important est le service horaire.

Elle transmet chaque jour à 8 heures Gmt. des battements pendulaires (300 tops espacés de 44/45 de seconde) et à 9 h, 9 h 02, 9 h 04, les signaux horaires.

La station est aussi chargée de transmettre le 1er et le 15 de chaque mois les ondes étalonnées (10.000 et 15.000 m.)

La station de Lyon fut la première grande station française. Elle joua un rôle important pendant la guerre ; sa puissante voix, en répandant la pensée française dans le monde, contrebalança efficacement l'action des stations ennemies.

Elle servit aussi de champ d'études et d'expériences pour la radiotélégraphie et nombre de mises au point, entre autres celle de l'alternateur à haute fréquence, ont été faites à la station de Lyon. Elle peut revendiquer, à juste titre, sa place dans le développement de la radiotélégraphie.

La fin de la guerre la trouva prête pour le trafic commercial. Malheureusement un accident a diminué la portée de sa voix. Mais elle ne tardera pas à reprendre dans le concert mondial la place qu'elle avait occupée fort honorablement.

Le Téléphone en France et à l'étranger

PROGRÈS TECHNIQUE
ORGANISATION RATIONNELLE (1)

Par M. G. VALENSI,
Ingénieur des Télégraphes.

Le téléphone est peu développé et ne fonctionne pas bien en France parce que son organisation administrative, technique, financière, laisse à désirer. Les États-Unis d'Amérique où le téléphone a atteint un déeloppement remarquable et où le service téléphonique est très satisfaisant possèdent par contre depuis longtemps une organisation rationnelle qui est une source intarissable de progrès techniques.

Il faut réaliser en France de profondes réformes aussi bien dans l'Administration des téléphones que dans l'industrie de fabrication du matériel et de l'outillage téléphoniques, et, sans perdre de temps dans des discussions théoriques stériles, procéder le plus tôt possible à une reconstruction complète.

I. — Statistiques téléphoniques.

Le chiffre qui caractérise l'importance relative du service téléphonique dans un pays déterminé est le nombre de postes téléphoniques par centaine d'habitants et le chiffre qui caractérise l'importance absolue de ce service téléphonique est le nombre total des postes téléphoniques installés. Il convient de remarquer à ce propos que les difficultés d'exploitation croissent avec le nombre total d'abonnés beaucoup plus vite que suivant une loi de simple proportionnalité.

Au 1er janvier 1921, il y avait, dans le monde entier, 20.860.000 postes téléphoniques dont 13.329.379, soit environ 64 % aux États-

(1) Rapport à la 2e Semaine des Postes, Télégraphes et Téléphones.

Unis. Le nombre total des postes téléphoniques dans tous les pays d'Europe réunis, était de 5.289.606, soit 25 % du total mondial.

De 1914 à 1920, 5.962.000 postes téléphoniques nouveaux ont été installés dans le monde entier, ce qui constitue une augmentation de 40 % du téléphone mondial en l'espace de 6 ans. C'est dire que le téléphone a, au cours des dernières années, pénétré de plus en plus dans les mœurs et qu'il devient un des éléments indispensables de la vie moderne.

Si l'on considère la population entière du globe, on constate qu'il y avait environ, au début de 1921, 1,2 poste téléphonique en moyenne pour chaque centaine d'êtres humains. Or, la découverte du téléphone ne date que de 1875, c'est-à-dire d'une cinquantaine d'années.

Ces chiffres montrent clairement : 1° que le téléphone tend à se développer avec une vitesse prodigieuse et 2° que les États-Unis entrent pour une part énorme dans ce mouvement, puisqu'ils possèdent les 2/3 du total mondial, alors que leur population ne dépasse pas le seizième de l'humanité.

En ce qui concerne l'importance relative du service téléphonique dans les différents pays, c'est surtout le nombre de postes téléphoniques par centaine d'habitants qu'il faut considérer.

Voici la situation à ce point de vue ; cette fois encore les États-Unis sont en tête avec 12,4 téléphones par centaine d'habitants ; ensuite vient le Canada avec 9,8 ; puis le Danemark avec 7,7 ; la Nouvelle-Zélande avec 7,0 ; la Suède avec 6,6 ; la Norvège avec 5,0 ; l'Australie avec 4,3 ; la Suisse 3,8 ; l'Allemagne avec 3,0 ; les Pays-Bas avec 2,4 ; les Pays-Bas avec 2,3 ; l'Autriche avec 2,2 ; la Grande-Bretagne avec 2,1 ; le Luxembourg avec 2,0 ; l'Uruguay 1,5 ; la République Argentine 1,3 ; la Finlande et Cuba avec 1,25 ; la France avec 1,2 ; la Belgique avec 0,8, etc...

La France occupe donc le dix-neuvième rang au point de vue du nombre des postes téléphoniques par centaine d'habitants.

L'Europe dans son ensemble n'a que 1,2 téléphones par centaine d'habitants, degré de développement atteint aux États-Unis dès 1900. Ce sont les pays scandinaves (Danemark 7,7, Suède 6,6 et Norvège 5,0) qui en Europe possèdent le plus grand développement téléphonique relatif.

Bien que l'Allemagne n'ait que 3 téléphones par centaine d'habi-

tants, elle vient tout de même avant la Grande-Bretagne qui n'en a que 2,1 et la France qui n'en a que 1,2.

L'Italie, autre grande nation européenne n'a que 0,3 téléphone par centaine d'habitants, nombre qui est égalé par la Pologne et dépassé par la Tchéco-Slovaquie !

En Amérique du Sud, la nation où le téléphone est le plus développé est l'Uruguay (1,5 par centaine d'habitants) ; puis vient l'Argentine (1,3).

En Asie, comme on devait s'y attendre, c'est le Japon qui vient en ête, mais malgré son goût pour la civilisation moderne, le Japon ne possède encore que 0,6 téléphone par centaine d'habitants.

Si l'on considère maintenant le nombre de conversations téléphoniques par habitant et par an, nombre qui caractérise non plus le développement du réseau téléphonique, mais l'utilisation qu'on fait du téléphone et la tendance qu'on a à s'en servir, nous obtenons le classement suivant relatif à l'année 1920. Les États-Unis viennent en tête avec 160 communications par habitant et par an, puis le Danemark avec 118, la Norvège avec 114, la Suède avec 103, l'Allemagne avec 53, les Pays-Bas avec 48, l'Australie 44, la Suisse 32, la Grande-Bretagne 20, la France 12, la Belgique 10 et l'Italie 8.

La France occupe cette fois le 10e rang, alors qu'elle ne venait qu'au 19e rang au point de vue du développement relatif du téléphone. Cela montre que si les Français ne possèdent pas souvent des appareils téléphoniques, ils ont tendance à s'en servir largement lorsqu'ils en ont.

Si l'on considère enfin le développement du téléphone dans les principales grandes villes du monde, on retrouve encore la supériorité des États-Unis, la position favorable des pays scandinaves et l'infériorité relative des autres grandes villes européennes, en particulier des grandes villes françaises.

Le record appartient à la ville de Stockholm avec 31,4 téléphones par centaine d'habitants ; ce nombre très élevé, valable au 1er janvier 1921, provient en grande partie du fait qu'à cette époque la fusion entre le réseau assuré par une compagnie privée et le réseau desservi par l'État Suédois n'avait pas encore été complètement réalisée, de sorte que, bien des postes existaient en double exemplaire dans le

même local ; il n'en est pas moins exact que la ville de Stockholm a atteint un développement téléphonique tout à fait remarquable. Après Stockholm, on doit citer Chicago 20,9 téléphones par centaine d'habitants, New-York 15,6, puis une trentaine de grandes villes des États-Unis dont la population dépasse 250.000 habitants et où l'on compte de 15 à 16 postes téléphoniques par centaine d'habitants; ensuite, vient Copenhague 14,4, Christiania 11,6, Genève 10,1, Zurich 9.5, puis les grandes villes allemandes : Berlin 9,2, Hambourg 7,4, Munich 6,7, puis la capitale des Pays-Bas : La Haye 6,4 ; ensuite Paris 5,5, Londres 4,7, puis les principales villes anglaises qui ont en moyenne 3 téléphones par centaine d'habitants et enfin les principales villes françaises et belges avee seulement 2,5 à 2 téléphones par centaine d'habitants.

Cette statistique montre que, à part quelque villes des pays scandinaves, les grandes villes européennes sont au point de vue du développement du téléphone très en retard sur les grandes villes américaines. Plusieurs des grandes villes des Etats-Unis ont chacune autant de postes téléphoniques qu'il en existe dans certains pays d'Europe tout entier, tels que l'Italie et même la France ; New-York avec 892.198 abonnés, Chicago avec 575,840 abonnés comptaient dès 1921 plus de postes dans leur enceinte que la France avec ses 473.212 abonnés dans tout son territoire. De grands centres européens comme Londres et Paris apparaissent donc comme extrêmement pauvres et peu développés au point de vue téléphonique.

Si l'on rapproche les chiffres relatifs au développement téléphonique des grandes villes des chiffres relatifs au développement téléphonique des pays dont font partie ces grandes villes, on est frappé de constater dans la plupart des pays d'Europe et notamment en France, la centralisation relativement énorme du réseau téléphonique : Paris par exemple comptait en 1921 159.692 abonnés tandis que la France entière n'en comptait que 473.912. Par conséquent un tiers des abonnés français sont groupés dans Paris. Il en est de même pour Londres qui en 1921 comptait 330.000 abonnés, alors que la Grande-Bretagne tout entière n'en possédait que 985.964.

Ces chiffres prouvent clairement que le service téléphonique rural est dans l'enfance dans de grands pays européens tels que l'Angle-

terre et la France, tandis que plus de 2.500.000 fermes ont le téléphone aux États-Unis. Il existe dans ce pays près de 26.000 petites coopératives téléphoniques rurales constituées par des cultivateurs qui se groupent afin de construire une ligne partagée qui les raccorde au point le plus voisin du réseau téléphonique général exploité par le système Bell.

Évidemment la guerre a beaucoup nui au développement du téléphone en Europe. Mais, tout de suite après la guerre, on a généralement enregistré des périodes de grande activité au point de vue du développement téléphonique, notamment dans les années 1919 et 1920. C'est en Allemagne que ce mouvement a été le plus important, puisque malgré la désannexion de l'Alsace et de la Lorraine, l'accroissement relatif du nombre de téléphones de 1914 à 1921 y fut de 27,4 %; tandis que la Grande-Bretagne a un chiffre correspondant de 26,3 % et l'Italie de 25,2 %. Sans doute le nombre d'abonnés en France a augmenté depuis 1914 de 43,3 %, mais cet accroissement est dû pour une très grande part au retour des pays Alsaciens-Lorrains.

II. — Le téléphone aux États-Unis.

Puisque c'est du côté des États-Unis qu'il faut se tourner, quand il s'agit du téléphone, regardons attentivement la situation dans ce pays. Sans doute l'Amérique est un continent incomparablement plus étendu que la France ou qu'aucun pays d'Europe (y compris la Russie), mais c'est précisément pour cela qu'il convient de prendre l'Amérique comme exemple dans une étude d'ensemble car on trouve sur ce vaste territoire toutes les conditions possibles. La région de l'Est industrielle et surpeuplée, le centre agricole et à population très clairsemée, l'Ouest à la fois agricole et industriel à population de densité moyenne offrent les caractéristiques les plus variées et constituent tous les cas possibles. Or, dans toutes ces régions, le téléphone est organisé et administré de la même manière et fonctionne suivant les mêmes règles générales ; les résultats sont partout satisfaisants. Il y a donc dans l'organisation téléphonique américaine quelque chose qui est supérieur à tous les cas d'espèces, à toutes les contingences

spéciales, en un mot un principe de vérité absolue que nous nous efforcerons de dégager.

Le service téléphonique est assuré aux Etats-Unis par 10.200 compagnies privées dont 25 dénommées les Compagnies Associées du Système Bell sont très importantes. Les autres constituent des groupements locaux qui d'ailleurs, pour la plus grande part, sont reliés au système Bell (9.261 sur 10.200). En dehors de ces compagnies, il y a des coopératives téléphoniques rurales qui ne servent que des besoins ruraux locaux.

Au 31 décembre 1922, le nombre des postes téléphoniques faisant partie du système Bell ou reliés à ce système, était de 14.050.565 dont 9.514.813 appartiennent aux Compagnies Bell associées. En outre 445.000 postes seulement appartenaient aux compagnies américaines indépendantes du systèmes Bell.

C'est donc en fait le système Bell qui gère le téléphone aux États-Unis. Rien que pendant l'année 1922 ce système s'était accrû de plus de 600.000 postes téléphoniques nouveaux, ce qui représente plus de 1.500 abonnés nouveaux par jour. Il y a actuellement, aux États-Unis, 1 téléphone par 8 habitants alors qu'il y en avait seulement 1 pour 13 il y a dix ans et 1 pour 90 en 1900.

Le nombre moyen des communications téléphoniques urbaines qui s'échangent *chaque jour* dans le système Bell est 36.831.000 et le nombre moyen des communications téléphoniques interurbaines est de 1.523.000 *par jour*.

Le réseau Bell interurbain au 31 décembre 1922 comprenait une longueur totale de fil de 4.209.237 miles (soit plus de 6 millions de kilomètres dont 30 °/₀ environ est en câble aérien ou souterrain). Ce réseau interurbain relie entre elles plus de 70.000 villes ou villages. Les réseaux urbains comprenaient à la même date une longueur totale de fil de 26.407.285 miles (soit plus de 40.000.000 de kilomètres dont 90 °/₀ environ est en câble aérien ou souterrain).

Le nombre des grands bureaux centraux téléphoniques dépasse 6.000.

Le capital immobilisé dans toutes ces installations et réseaux téléphoniques était au 31 décembre 1922 évalué au bilan de l'American Telephone Company à 1.479.331.000 dollars. Ces installations et ces lignes sont exploitées et entretenues par 245.000 employés. Ce nombre

d'employés s'accroît chaque jour de cinquante unités nouvelles environ, afin de faire face aux besoins toujours croissants du service.

Voici maintenant quelques renseignements sur la qualité de ce service téléphonique américain.

Cette qualité qui est fonction à la fois de la rapidité et de la sûreté d'exécution est caractérisée parce qu'on appelle les « Standards du Service » dont les principaux sont les suivants :

DÉLAIS AUX HEURES DE TRAFIC INTENSE

	Standards du service en Amérique	en France
Service urbain :		
Délai moyen de réponse d'une opératrice urbaine........................	5 secondes	15 secondes
Proportion des réponses tardives supérieures à 10 secondes...........	4 %	60 %
Pourcentage des erreurs commises par une opératrice urbaine..:.............	2 %	20 %
Délai moyen entre la fin d'une conversation urbaine et la rupture de la communication de l'opératrice...........	15 secondes	30 secondes
Délai moyen de réponse d'une opératrice urbaine à un rappel de l'abonné......	5 secondes	30 secondes
Délai moyen pour obtenir le service interurbain............................	6 secondes	60 secondes
Service interurbain :		
Délai moyen pour obtenir une communication suburbaine..................	1 minute	de 40 à 60 min.
Délai moyen pour obtenir une communication interurbaine..................	de 10 m. à 1 h.	de 1 h. à 5 h.

Il faut remarquer que le délai d'une heure, le plus long que l'on puisse relever aux États-Unis, se rapporte à des communications éloignées à vol d'oiseau de plus de 2.000 kilomètres, soit de Paris à Bucarest ou à Séville. L'attente ne dépasse pas dix minutes pour des distances inférieures à 1.000 kilomètres (de Dunkerque à Perpignan par exemple).

Les standards du service en ce qui concerne les travaux d'installation de postes nouveaux ou de réparation d'appareils en dérangement sont également remarquables :

	Standards du service en Amérique	Standards du service en France
Délai moyen de mise en service d'un nouveau poste d'abonné, à partir du jour de signature du contrat................	4 jours	1 mois
Délai moyen de réparation d'un dérangement affectant le poste d'un abonné...	1 heure	2 jours
Délai moyen de modification ou de déplacement d'un poste d'abonné..........	2 jours	10 jours
Délai moyen de réparation d'un dérangement ordinaire de circuit interurbain..	2 heures	12 heures

DÉLAIS POUR LES INSTALLATIONS ET LES RÉPARATIONS

Quant au délai de réparation d'un dérangement affectant la ligne d'un abonné, s'il atteint trois jours en France, on serait fort en peine de l'évaluer aux États-Unis. En effet, les dispositions prises pour surveiller chaque jour l'état des lignes d'abonnés au moyen de mesures électriques, sont telles, là-bas, que les défauts sont souvent découverts et relevés avant que les abonnés aient pu s'en apercevoir.

Non seulement les communications interurbaines sont assurées pratiquement sans délai, c'est-à-dire après une attente le plus souvent inférieure à 10 minutes, mais encore elles sont échangées dans de bonnes conditions d'audition entre 2 localités quelconques du territoire des États-Unis, c'est ce qu'on appelle le « service universel » permettant à 2 abonnés de causer d'une manière satisfaisante quels que soient leur distance et l'emplacement de leurs postes, aussi bien à la campagne que dans les villes. Les circuits sont en assez grand nombre et possèdent des rendements de transmission électrique suffisants pour que ce résultat puisse être toujours atteint. Bien plus, un abonné de Cuba (Ile de l'Atlantique) peut causer avec un abonné d'Avallon dans l'Ile Santa Catalina de l'Océan Pacifique dans des conditions techniques qui assurent une bonne communication commerciale. Or, ces deux abonnés sont distants de plus de 6.000 miles, c'est-à-dire de plus de 9.000 kilomètres ; ils communiquent par un câble sous-marin du système Krarup entre l'ile de La Havane et la Floride, par une ligne aérienne et un câble sous plomb aéro-souterrain entre la Floride et New-York, par un long circuit aérien transcontinental entre New-York et San Francisco, par un autre circuit téléphonique

entre San Francisco et Los Angelès et enfin par téléphonie sans fil entre Los Angelès et l'île Santa Catalina. Des amplificateurs, des dispositifs de raccord entre réseau terrestre et réseau radio-électrique sont judicieusement établis et entretenus de manière à permettre de réaliser couramment et journellement de telles prouesses.

Voici un autre résultat non moins étonnant accompli aux États-Unis. Le 11 novembre 1921, le Président Harding prononçait à Washington un discours sur la tombe du soldat américain inconnu ; au moyen d'un haut-parleur, il se faisait entendre par 100.000 personnes groupées autour du cimetière d'Arlington ; au même moment des foules considérables amassées à New-York et à San Francisco écoutaient également ce même discours qui leur parvenait par les fils téléphoniques du système Bell sans en perdre une parole, et tous participaient à la cérémonie comme s'ils avaient été à Washington même. Les câbles aéro-souterrains de Washington à New-York et la ligne aérienne transcontinentale de New-York à San-Francisco propageaient fidèlement le discours présidentiel jusqu'à des haut-parleurs qui le distribuaient aux foules.

Il va sans dire que la téléphonie multiple au moyen de courants porteurs de hautes fréquences a atteint également aux États-Unis un développement remarquable. Ce procédé permet de superposer sur un circuit téléphonique aérien aux communications téléphoniques ordinaires quatre communications téléphoniques « haute fréquence » et dix liaisons télégraphiques « haute fréquence » utilisant des appareils rapides imprimeurs. Le rendement d'un circuit bifilaire se trouve par suite plus que décuplé. L'audition sur les circuits téléphoniques supplémentaires obtenus par ce moyen est excellente, complètement à l'abri des bruits de friture qu'on entend si souvent sur les circuits métalliques ordinaires. De même, les liaisons télégraphiques haute fréquence sont meilleures que les communications par fils télégraphiques ordinaires avec retour par la terre. Elles se prêtent mieux que ceux-ci à l'établissement d'un service duplex dans lequel les deux postes correspondants transmettent et reçoivent en même temps deux messages cheminant en sens inverse.

Actuellement la haute fréquence est appliquée aux États-Unis à 7.500 kilomètres de circuit téléphonique et à 125.000 kilomètres de circuit télégraphique.

La téléphonie sans fil a atteint également un développement remarquable. Il y a plus de 600 stations émettrices dont la puissance-antenne varie de quelques watts à 500 watts (plus une ou deux stations qui dépassent 500 watts). Il en résulte d'ailleurs une certaine confusion car le contrôle gouvernemental n'est pas assez sévère. Les Américains s'en rendent parfaitement compte et, bien que tous soient épris d'un traditionnel et ardent amour de la liberté, ils réclament à grands cris l'intervention des pouvoirs publics pour une réglementation très stricte de la téléphonie sans fil.

Bien souvent la commande à distance d'une station émettrice de téléphonie sans fil se fait à partir d'une ville éloignée au moyen d'un circuit interurbain, ce qui permet, en utilisant un poste émetteur de petite puissance, de faire entendre par une région un concert ou une conférence ayant lieu dans une autre région. On obtient ce résultat au moyen de dispositifs récepteurs-amplificateurs qui fonctionnent à la fois comme postes récepteurs radiotéléphoniques et comme amplificateurs au départ d'un circuit téléphonique bifilaire. Ces dispositifs comportent en général des organes permettant de corriger la distorsion introduite par les lignes ou câbles téléphoniques interurbains.

Mais le résultat le plus remarquable obtenu en téléphonie sans fil est la communication transocéanique. Le 14 janvier 1923 des essais concluants ont eu lieu entre New-York et Southgate en Angleterre, c'est-à-dire sur une distance de 5.500 kilomètres au-dessus de l'Océan.

Les ondes de conversation émises à New-York suivaient un câble souterrain et une ligne aérienne sur une longueur de 100 kilomètres environ jusqu'à la station radiotélégraphique de Rocky Point. Ce câble et cette ligne étaient pourvus de dispositifs correcteurs pour corriger la déformation et de dispositifs amplificateurs pour fournir le volume de son nécessaire. Le courant microphonique amplifié et corrigé actionnait un modulateur de haute fréquence. On sait que lorsqu'un courant de conversation agit sur un courant de haute fréquence, on obtient trois composantes qu'on appelle : les deux bandes latérales et le courant porteur. Des filtres électriques appropriés étouffaient à la station de Rocky Point une des bandes latérales et le courant porteur. Par suite une seule bande latérale, seule nécessaire à la transmission

de la parole, subsistait, était amplifiée au moyen de trois étages d'amplification successifs jusqu'à une puissance de 100 kilowatts qui alimentait l'antenne transmettrice. Si l'on avait conservé les 2 bandes latérales et le courant porteur comme dans les postes radiotéléphoniques ordinaires, il aurait fallu une énergie de 300 kilowatts pour obtenir le même résultat. L'émission radiotéléphonique se propageait sur l'Océan avec une longueur d'onde de 5.400 mètres jusqu'au poste récepteur d'Angleterre où un petit émetteur local rétablissait le courant porteur nécessaire à la démodulation.

Ces essais permettent d'espérer la possibilité dans un avenir assez rapproché de relier téléphoniquement le nouveau et l'ancien Monde.

Eh bien, ce service téléphonique gigantesque et de bonne qualité commerciale est fourni par le système Bell à des prix raisonnables, bien que comparativement un peu plus élevés que les tarifs européens. Et ces prix, quoique raisonnables, assurent aux Compagnies américaines de larges profits dont le gouvernement recueille une part considérable.

En effet, le bilan de 1922 du système Bell fait ressortir des bénéfices qui, après paiement de 41.215.000 dollars au Gouvernement Fédéral comme impôts (bilan de 1922), s'élèvent à 131.389.000 dollars, dont quarante millions environ ont servi à payer les intérêts des actions et soixante millions à distribuer un dividende de 10 dollars par action (dont la valeur nominale est de 100 dollars et dont le cours moyen actuel est de 120 dollars) ; les trente millions de dollars restant ont servi à acquérir du matériel nouveau.

Par conséquent, bien que complètement étranger à l'exploitation du téléphone, le Gouvernement fédéral des États-Unis encaisse chaque année une quarantaine de millions de dollars, ce qui correspond actuellement à 600 millions de francs, tandis qu'en France les téléphones sont actuellement un organisme à déficit (ce déficit a atteint 60 millions de francs en 1920.)

III. — L'organisation téléphonique américaine.

Quelle est donc l'organisation qui assure avec profit et dans d'excellentes conditions commerciales un service téléphonique aussi vaste et

réussit à se maintenir constamment à la hauteur de besoins énormes et sans cesse croissants ?

Voici ses grandes lignes :

Une Compagnie mère l'American Telegraph and Telephone Cy contrôle financièrement les différentes compagnies suivantes :

1° Les compagnies régionales d'exploitation, lesquelles sont au nombre de 25 pour l'ensemble des États-Unis ; 2° une compagnie, le « Long Lines Department », chargée des lignes à grandes distances, c'est-à-dire de l'interconnexion des différentes compagnies régionales ; 3° un important bureau technique de recherches et de développement (« Research Department » et « Engineering Department ») muni d'immenses laboratoires (« Western Electric Laboratories ») pour l'étude, la mise au point et la standardisation de tous les perfectionnements concernant aussi bien le matériel et l'outillage que les méthodes d'exploitation ; 4° une entreprise industrielle (la « Western Electric Cy ») possédant des usines pour la manufacture du matériel et des magasins pour son approvisionnement ; 5° une compagnie financière (la « Bell Telephone Securities Company ») chargée de procéder avec l'aide des organisations bancaires américaines à toutes émissions d'obligations et à toutes augmentations de capital nécessaires.

Presque dès l'origine du téléphone, une organisation de ce genre a existé aux États-Unis avec les mêmes traits caractéristiques.

Les progrès techniques et matériels, les résultats financiers et commerciaux sont des produits naturels de cette organisation. Sans elle, on n'aurait pu réaliser que des avantages passagers, des records sans lendemain.

Si dans des pays comme le nôtre, le téléphone a une vie précaire, c'est qu'une organisation rationnelle nous fait défaut. Supposons que par un coup de baguette magique on crée spontanément en France les bureaux centraux téléphoniques automatiques et les câbles interurbains qui nous manquent, nous ne serions guère plus avancés. Qui mettra en œuvre, entretiendra et développera ces installations, qui en assurera constamment et régulièrement à l'avenir l'extension nécessaire ?

Sans doute, nous avons des techniciens remarquables et des agents dévoués qui en moyenne sont peut-être plus intelligents que la plu-

part des agents étrangers ; mais ce sont des cellules éparses, sans cohésion entre elles. Ce sont des individualités séparées ; ce n'est pas une organisation.

Loin de moi l'idée de proposer pour l'Administration française une organisation téléphonique qui reproduirait servilement une organisation étrangère. Chaque peuple doit vivre et se développer suivant son génie propre et il n'est pas douteux qu'avec l'appui de l'opinion publique et sur l'initiative de quelques hommes résolus et passionnés pour le bien public on arrive à créer en France une organisation possédant les caractéristiques essentielles d'une vie téléphonique stable prospère et adaptée à la civilisation moderne.

Mais dans l'étude de cette organisation, nous aurions tort de ne pas prendre très sérieusement en considération l'organisation téléphonique américaine qui a réussi depuis la naissance du téléphone à assurer et développer dans des conditions techniques et commerciales satisfaisantes, un service excellent répondant aux besoins les plus variés d'un continent tout entier.

Etudions donc de près les cinq caractéristiques du système Bell, c'est-à-dire :

a) les compagnies régionales associées ;

b) la compagnie des longues lignes interrégionales ;

c) le bureau central d'études, de recherches et de développement ;

d) l'entreprise de manufacture du matériel et de l'outillage ;

e) la compagnie financière.

a) *Les Compagnies régionales.* — Chacune des compagnies régionales associées dessert une partie bien délimitée du territoire des Etats-Unis, elle possède une organisation propre généralement divisée en 4 branches :

service technique,

service des lignes et installations,

service de l'exploitation,

service commercial.

A la tête de chacune de ces branches se trouve un chef de service directement responsable vis-à-vis du directeur général de la Compagnie régionale.

Le service technique est chargé de tous les projets techniques

importants. En relation permanente avec le bureau central de recherches et de développement de New-York (Engineering Department) il se tient au courant de tous les perfectionnements introduits aussi bien dans la technique de construction que dans les méthodes d'exploitation, grâce à des bulletins techniques, des circulaires, des cours de toutes natures et pour tous les niveaux intellectuels que le département central technique de New-York lui envoie régulièrement. D'après les indications précises et suivant les directives techniques impératives de l'Engineering Department de New-York, le service technique régional choisit les types à utiliser pour les différents travaux de lignes interurbaines et d'installations de bureaux centraux, choisit l'emplacement des bâtiments et prépare les plans et devis relatifs aux constructions nouvelles, dresse les spécifications relatives aux fournitures de matériel en collaboration avec l'ingénieur régional du trafic et avec le fournisseur industriel unique « la Western Electric Cy » révise et approuve les plans et devis estimatifs relatifs au développement de réseaux urbains préconisés par le service des installations. D'une manière générale, le service technique régional conseillé et dirigé par l'Engineering department de New-York, dirige à son tour tous les travaux techniques accomplis dans la région, les projets principaux étant exécutés directement par ses soins et les projets secondaires étant préparés par les autres services mais revus par lui.

Le service des installations propose les extensions des bureaux centraux et réseaux urbains destinées à faire face à l'accroissement prévu du trafic, dresse les plans et devis estimatifs se rapportant à ces travaux, tient à jour les documents relatifs aux installations téléphoniques, s'occupe de la construction des lignes d'abonnés, de l'installation des postes d'abonnés et (lorsqu'il ne s'agit que d'additions peu importantes) de l'équipement des bureaux centraux, entretient les installations téléphoniques et les immeubles, ainsi que le matériel et l'outillage, etc.

Le service de l'exploitation étudie scientifiquement la marche, l'importance et le développement du trafic téléphonique dans toute l'étendue de la région, fait les prévisions d'accroissement du trafic, étudie et fait appliquer les méthodes d'exploitation perfectionnées

préconisées par le service central de New-York, recueille les données d'exploitation qui permettent au service technique régional d'établir le programme à long terme, assure l'exécution du service normal d'exploitation, instruit les opératrices, etc.

Le service commercial fixe les tarifs urbains, suburbains et interurbains après entente avec les commissions de service public (« Public Service Commissions ») dans lesquelles les usagers et le gouvernement fédéral sont largement représentés. Ce service commercial recueille les renseignements d'ordre commercial nécessaires au service technique pour l'établissement du programme à long terme, compose, publie et distribue les annuaires téléphoniques, s'occupe des relations commerciales avec les autres compagnies associées et enfin perçoit le montant des abonnements et *recrute les abonnés nouveaux.*

La recherche de la clientèle, l'éducation téléphonique du public sont deux attributs importants de ce service commercial ; tous les moyen de publicité sont mis en œuvre pour accroître la clientèle. Des agents spéciaux font des tournées de propagande chez tous ceux qui sont susceptibles, soit de devenir de nouveaux abonnés, soit de développer l'utilisation qu'ils font déjà du téléphone. L'éducation du public se fait par voie d'affiches, par voie de la presse, par des démonstrations dans les expositions régionales, etc., le but est de faciliter et d'améliorer le service téléphonique grâce à une sorte de coopération amicale entre le public qui utilise le téléphone et les employés qui le desservent.

Dans cette organisation d'une compagnie régionale, les responsabilités des différents services s'étendent nécessairement à toute la circonscription de cette compagnie et le personnel est réparti en conséquence. Toutefois, il convient de remarquer que le *service technique constitue une sorte d'état-major qui domine tout le reste* et tient une place telle que tout projet de transformation ou d'extension du réseau de la compagnie doit obligatoirement être approuvé par l'ingénieur en chef qui dirige ce service technique. En somme, c'est un technicien, l'ingénieur en chef, qui en dernière analyse est directement responsable du succès financier de l'entreprise et de l'attribution aux actionnaires de dividendes raisonnables.

Les compagnies régionales associées n'entreprennent aucune

recherche technique, aucun travail de standardisation de quelque importance. On estime qu'elles ont assez à faire dans l'application des meilleures méthodes d'exploitation étudiées par des spécialistes d'élite à New-York, et dans l'installation d'un matériel et la mise en œuvre d'un outillage qui ont été minutieusement mis au point par les efforts conjugués de ces spécialistes d'élite et des savants ingénieurs des laboratoires et des usines de la Western Electric Cy.

b) *Le bureau central d'études, de recherches et de développement.* — Les bureaux du Research Department et de l'Engineering Department de New-York associés aux laboratoires de la Western Electric Cy, également à New-York, constituent, un important organe central de recherches et de développements qui est en quelque sorte le cerveau de l'organisme téléphonique des États-Unis. Ces bureaux d'études et ces laboratoires comptent des milliers d'ingénieurs et d'aides de toutes sortes. C'est dans ce centre intellectuel que, par des méthodes scientifiques, on découvre et on met au point tous les perfectionnements possibles aussi bien du matériel et de l'outillage téléphoniques que des procédés d'exploitation ; de plus c'est ce même bureau d'études qui prépare l'application pratique des nouvelles méthodes d'exploitation et l'utilisation pratique des nouveaux appareils par toutes les compagnies régionales dans toute l'étendue des Etats-Unis.

Nous avons vu que l'Engineering Department de New York se tenait en contact intime avec les différentes compagnies associées en vue de guider en quelque sorte au point de vue technique ces différentes compagnies et d'assurer par suite une uniformité complète, une standardisation absolue du matériel et des méthodes d'exploitation dans tout le territoire américain. Or, grâce à ce contact intime et permanent, l'Engineering department se rend compte du même coup avec exactitude des difficultés particulières et des conditions spéciales que chaque localité présente. Aussitôt qu'une difficulté d'un caractère nouveau se produit quelque part, difficulté qui exige l'étude soit d'un nouveau type d'appareil, soit d'un nouveau procédé d'exploitation, l'Engineering department saisit immédiatement le problème et l'étudie scientifiquement en collaboration avec les laboratoires de la Western Electric Cy. Voici comment on procède : On commence par se placer exactement au point de vue local et par étudier avec soin les idées et les

propositions de ceux qui ont les premiers rencontré les difficultés nouvelles. Ensuite on fait une enquête auprès des autres compagnies associées, on consulte dans les archives tout ce qui se rapporte, de près ou de loin, à cette question, ce qui est rendu possible par la documentation technique et scientifique la plus vaste qu'on puisse imaginer.

Pour donner une idée de la documentation dont dispose le bureau central d'études et de développement de New-York, on peut dire que cette documentation concentre tous les renseignements provenant de toutes les sources possibles, non seulement des Etats-Unis, mais encore de toutes les sociétés et administrations étrangères du monde entier. On trouve dans ces archives des mémoires scientifiques, des publications techniques de toute nature et en toutes langues, des statistiques de toutes sortes. Ce service étudie au jour le jour les brevets pris dans le monde entier en matière de communications électriques. Il étudie également au point de vue sociologique tout ce qui se passe d'important non seulement aux Etats-Unis, mais encore dans les principaux centres étrangers. Il suit l'évolution de toutes les industries ayant un rapport quelconque avec le téléphone, les fluctuations de tous les marchés commerciaux (marché du cuivre, du fer, du plomb...) et même les tarifs du fret maritime et fluvial. Ce service a des représentants dans tous les pays d'Europe, et aussitôt qu'un développement téléphonique nouveau y apparaît, même sous forme d'entrefilet dans un journal quotidien, une enquête est faite pour le compte du bureau de recherches qui se trouve ainsi immédiatement renseigné.

Cette documentation ayant été consultée et l'enquête préliminaire terminée, les conditions du problème nouveau à étudier sont bien définies et clairement posées ; les ingénieurs, spécialisés dans la branche ou les branches que ce problème intéresse, se mettent alors à l'œuvre pour résoudre les difficultés nouvelles. S'il s'agit de créer un appareil nouveau, l'Engineering Department fait appel au service des Recherches (« Department of Research ») et aux laboratoires de la Western Electric Cy, auxquels il indique les résultats que l'appareil nouveau doit permettre d'atteindre, les fonctions qu'il doit remplir et *le prix maximum qu'il peut coûter* ; en cours de recherches, les ingénieurs du laboratoire communiquent au jour le jour les résultats de

leurs travaux aux ingénieurs du bureau d'études. Lorsque, grâce à cette collaboration étroite et continue entre des techniciens spécialistes de l'exploitation téléphonique, de savants physiciens et mathématiciens et des ingénieurs habiles dans la mise au point d'un appareil en vue de sa facilité de construction à l'usine, on est parvenu à établir un modèle d'appareil nouveau satisfaisant, on présente cet appareil nouveau à la Compagnie associée qui a posé la première le problème et aussi à d'autres compagnies si cela est utile. Si des expériences sont nécessaires, on procède à l'essai systématique de cet appareil nouveau dans une partie choisie spécialement du réseau téléphonique des Etats-Unis, mais cet essai systématique *se fera une fois pour toutes* et sous la direction du bureau central de recherches (Department of Research and Development) de New-York ; au cours de ces essais, les ingénieurs de ce service central de recherches éduquent et persuadent le personnel local naturellement réfractaire à tout changement d'habitudes; bien souvent le succès d'expériences a été dû à cette collaboration active et courtoise pour une même œuvre de progrès entre des agents de l'exploitation et d'éminents inventeurs. Lorsque de telles expériences ont été jugées concluantes et que l'appareil nouveau a reçu l'approbation de tous, un département particulier du bureau central d'études (Department of Operation and Engineering) le standardise, c'est-à-dire en fait un type modèle, dont le montage et les conditions d'emploi sont déterminés d'une façon rigoureuse et décrits dans une circulaire technique qui sera envoyée à toutes les compagnies associées et répandu dans l'Amérique entière.

De la même manière, le bureau central d'études et de recherches s'occupe du développement et de la standardisation des méthodes d'exploitation, de construction des lignes, d'installation des bureaux centraux manuels ou automatiques, etc...

Une section très importante se consacre aux études de développement de réseaux et donne des directives à tous les services techniques régionaux des Etats-Unis pour effectuer les prévisions d'accroissement du trafic dans un avenir de 5, 10 et même 20 années. Ces prévisions qui servent de base à l'établissement du programme à long terme du Système Bell tout entier, ont une importance commerciale considérable et on s'attache en Amérique à les faire d'une manière aussi scien-

tifique que possible. J'insisterai un peu sur ce sujet afin de vous donner une idée des méthodes de travail des Compagnies téléphoniques américaines.

Pour assurer un bon service téléphonique dans des conditions commerciales avantageuses, il faut évidemment prévoir plusieurs années à l'avance les extensions éventuelles non seulement des bureaux centraux et des lignes d'abonnés, mais aussi des circuits suburbains et interurbains. Ces prévisions ne sont naturellement pas absolues, mais elles peuvent être faites judicieusement, si l'on possède des bases raisonnables et des méthodes d'évaluation rationnelles. Grâce à des études qui participent à la fois de la technique téléphonique et de la sociologie générale, le bureau central d'études et développement de New-York a pu définir, pour le grand bénéfice des compagnies associées, ces bases et ces méthodes d'évaluation nécessaires. Voici, à titre d'exemple, comment le service technique d'une compagnie associée quelconque procède d'après les directives du bureau central technique de New-York, pour prévoir l'extension d'un réseau téléphonique urbain. Le service commercial rassemble les documents relatifs à la répartition actuelle des abonnés, documents qui serviront de point de départ. Les villes sont divisées en pâtés de maisons ; un document spécial est établi pour chaque groupe d'immeubles considéré comme un élément de la distribution téléphonique. Reprenant chaque pâté de maisons l'un après l'autre, on classe les abonnés en postes commerciaux et en postes privés. Dans le 1er cas, on indique la profession de l'usager, dans le 2e cas, le nombre de personnes de la même famille, la catégorie de l'habitation (maisons particulières, logements, etc...) avec le prix du loyer. En même temps, on prend note des renseignements de même nature sur les non abonnés qui habitent le même pâté de maisons.

On groupe différents pâtés de maisons en sections de quartier plus ou moins homogènes : une section correspondra par exemple à une colonie étrangère établie dans un quartier de la ville ou à un groupe de maisons bourgeoises, ou à une cité ouvrière, etc... Les sections de quartiers identiques sont agglomérées en une « section commerciale », dont le caractère bien déterminé permet d'appliquer une règle quasi-scientifique pour l'estimation du développement futur. Dans le tracé

de cette section commerciale, il est tenu compte des conditions locales : population d'après le recensement, statistique du nombre d'enfants qui fréquentent les écoles, statistique des naissances et des décès, raisons particulières de la rapidité ou de la lenteur avec laquelle la ville se développe, situation par rapport aux localités voisines, moyens de transport, établissements industriels susceptibles d'influer sur le développement de la ville au cours des 20 années suivantes, sens probable du développement de la propriété bâtie, rapport entre le nombre des foyers et le nombre des postes téléphoniques actuels comparés au même rapport dans les villes placées dans la même situation ; enfin, effet produit par la diminution ou l'augmentation éventuelle prévue des tarifs sur l'utilisation du service téléphonique par les diverses classes de la Société.

Après avoir étudié à fond, une par une, et en se plaçant à ces différents points de vue, chacune des sections commerciales, en tenant compte chaque fois de toutes les conditions locales particulières, et après avoir appliqué à chacune de ces sections commerciales du réseau urbain les règles d'évaluation scientifique de développement étudiées pour tous les cas possibles par le bureau central technique de New-York, le service technique régional dessine une carte qui fait ressortir le développement prévu pour chaque section de quartier pendant la période future envisagée ; lorsqu'il s'agit de régions qui se développent rapidement, la période est de 10 ans ; normalement, elle est de 20 ans. En vue de faciliter l'établissement du plan général, on indique aussi sur la carte de développement du réseau urbain, les estimations se rapportant respectivement à des périodes de 5 et de 10 années.

Grâce à ces prévisions effectuées suivant des méthodes scientifiques qui naturellement demandent une organisation perfectionnée et exigent un travail long et souvent pénible, les Cies américaines peuvent faire face constamment aux besoins croissants du service téléphonique, sans toutefois immobiliser dans des installations au début improductives des capitaux énormes, sous forme de conduites préparées pour les câbles futurs, ou de bâtiments pour les bureaux centraux futurs etc.

Cet exemple met en lumière l'*esprit à la fois scientifique et commercial* qui anime l'organisation téléphonique américaine à tous les

degrés de la hiérarchie, aussi bien dans les régions les plus reculées du Far West qu'à New-York.

c) *La Compagnie des longues lignes.* — Je ne m'étendrai pas sur la Compagnie chargée des lignes à grande distance, c'est-à-dire de l'interconnexion des différentes compagnies régionales, bien qu'elle joue un rôle fondamental au point de vue de l'exploitation téléphonique générale.

Pour concevoir l'immensité de la tâche qu'elle accomplit, il suffit d'imaginer une vaste organisation de téléphonie à grande distance internationale dont l'activité s'étendrait sur toute l'Europe et qui assurerait d'une façon continue et commerciale les communications téléphoniques entre Londres et Naples, Madrid et Stockholm, Bordeaux et Moscou, Le Havre et Constantinople, etc... Cette Compagnie des Longues Lignes comprend en particulier : un service du trafic (ou service d'exploitation), un service technique, un service des installations et un service commercial.

d) *La Compagnie financière.* — La Compagnie des longues lignes ainsi que le Bureau central de recherches d'études techniques et de développement sont des sociétés différentes mais ayant même Conseil d'administration, et formant en somme chacune une partie de la compagnie mère. Une troisième société se rattache également à cette compagnie mère. C'est la Compagnie financière nommée « Bell Telephone Securities Cy ». Cette dernière, née en 1921, a pour fonction essentielle de répandre dans le public, et particulièrement chez les employés et chez les abonnés du système Bell, les actions ou obligations des compagnies Bell associées et par suite d'assurer une diffusion aussi large que possible du capital des compagnies Bell. Il y avait à la fin de 1921, 186.342 actionnaires du système Bell tandis qu'en 1915 ce chiffre ne dépassait pas 7.500. Rien que dans le cours de l'année 1922, le nombre d'actionnaires s'est accrû de 62.583 unités et atteint actuellement 248.925, chacun de ces actionnaires ayant en moyenne 5 actions environ.

Les Compagnies américaines s'efforcent d'augmenter constamment le nombre des porteurs de leurs actions et obligations en faisant appel en particulier à leurs employés à qui elles demandent de souscrire au moyen de versements mensuels provenant des économies réalisées sur

leurs salaires et traitements (plus de 94.000 employés sont actuellement souscripteurs), en faisant appel également aux abonnés qu'on cherche à intéresser de plus en plus financièrement dans l'entreprise téléphonique espérant que des abonnés devenus actionnaires, acquerront une compréhension plus nette des problèmes et des besoins de l'entreprise. Cette diffusion du capital social assure des fondations financières plus large et par conséquent plus solides pour l'entreprise toute entière et permettront à la Bell Telephone Securities Cy, de se procurer dans des conditions de plus en plus faciles et de plus en plus avantageuses d'emprunt l'argent nécessaire au développement du service téléphonique en Amérique. N'oublions pas en effet que pour les extensions, transformations et constructions nouvelles, le système Bell doit se procurer chaque année 200.000.000 de dollars.

Le capital total de la Compagnie mère (American Telephone and Telegraph Company) qui était de 750 millions de dollars au 31 décembre 1922 va être porté en 1923 à 1 milliard de dollars.

La Securities Cy répand dans le public au moyen d'avis et de circulaires, toutes les informations relatives aux émissions d'obligations ou augmentations de capitaux et plus généralement à tous les événements financiers qui intéressent le réseau Bell.

Les employés aux guichets des bureaux téléphoniques, les demoiselles de téléphone, etc. contribuent largement à ce service de propagande financière. De sorte que le Bell System est en même temps une vaste banque qui opère pour son compte, à son propre profit.

La Bell Securities Cy s'occupe en particulier pour tous les abonnés et pour tous les employés du système Bell d'exécuter les ordres de bourse dans le délai minimum et de faciliter toutes transactions bancaires nécessaires. Pour ces travaux, la Cie Bell Securities coopère avec les différentes compagnies associées non seulement dans un esprit commercial ayant en vue le bénéfice particulier des compagnies, mais aussi dans un esprit plus large d'intérêt national américain.

e) *La Manufacture.* — Enfin le dernier élément important de l'organisation téléphonique des États-Unis est la manufacture du matériel et de l'outillage et les magasins d'approvisionnement, c'est-à-dire la Western Electric Cy.

A l'origine du téléphone, il y avait aux États-Unis un certain nombre de petites firmes qui fabriquaient du matériel téléphonique pour les compagnies américaines ; mais il en résultait une grande diversité dans les produits manufacturés alors qu'ils est extrêmement nécessaire que tous les éléments d'un réseau téléphonique soient établis de manière à composer un tout harmonieux.

Un bon service téléphonique n'est en effet possible que si tous les organes qui servent à relier par une chaîne extrêmement complexe les deux postes des abonnés qui communiquent s'adaptent parfaitement les uns aux autres au double point de vue électrique et mécanique.

Il est désirable en outre que chacun de ces organes soit étudié dès l'origine en vue d'une production en grande série, d'une installation et d'un transport faciles, d'un fonctionnement sûr et d'un entretien simple et enfin d'un prix aussi avantageux que possible.

Les petites firmes ne pouvaient pas satisfaire à toutes ces conditions à la fois.

D'autre part, quelques-unes n'étaient pas assez puissantes au point de vue financier, et lorsqu'elles réalisaient une installation qui devait durer par exemple une quinzaine d'années, elles ne pouvaient pas se permettre d'emmagasiner à l'avance tous les organes et pièces détachées qui serviraient non seulement à l'entretien, mais aussi à l'extension future de cette installation.

Evidemment, les compagnies téléphoniques se contentaient toujours de commander au jour le jour ce qui était strictement nécessaire aux besoins immédiats ou à ceux qu'on pouvait prévoir pour un avenir très rapproché, afin de ne pas immobiliser des capitaux importants. Il en résultait qu'un travail d'extension était toujours relativement très onéreux et on avait bien des difficultés à assurer une continuité d'approvisionnement de toutes les pièces détachées nécessaires.

Sans doute, il semblait que la concurrence entre ces firmes devait être une garantie de prix assez bas ; mais en fait cette garantie était souvent illusoire, car bien des fois, *les firmes s'entendaient entre elles* avant de présenter leurs soumissions et leurs propositions de prix aux adjudications des compagnies téléphoniques.

Dès 1881, le Directeur général des compagnies Bell comprit qu'une

organisation manufacturière puissante, bien équipée et unique, était une chose vitale pour le développement futur du téléphone. Un consortium se forma autour de la Western Electric Cy et prit le nom de Western Electric. La compagnie mère (American Telegraph and Telephone Cy) devint dès le début actionnaire de ce consortium et quelque temps après en fut le principal actionnaire. (Elle possède actuellement plus de 90 °/₀ des actions.) Un contrat fut signé en 1882 entre cette compagnie mère et la Western Electric Cy, contrat par lequel la Compagnie manufacturière devait obligatoirement et toute seule fabriquer tous les appareils et tout l'outillage nécessaires à cette compagnie mère ; elle était d'autre part autorisée à fournir également les compagnies associées dans la mesure où celles-ci le désireraient. La Western Electric Cy, douée de moyens financiers importants, fit établir des usines modèles et organisa une fabrication soignée ; comme elle avait des relations intimes avec les ingénieurs du système Bell, et notamment avec ceux du bureau central d'études de New-York, elle connaissait parfaitement les besoins des compagnies téléphoniques. Elle observait le fonctionnement en service courant des appareils qu'elle avait fabriqués et bénéficiait par suite de l'expérience aussi bien du consommateur que du producteur. Par suite, graduellement, elle prit une part de plus en plus grande à toutes les fournitures des compagnies associées, et, comme elle fabriquait davantage, elle était capable d'employer des méthodes plus économiques de fabrication et par suite d'abaisser ses prix de revient.

Le consortium Western Electric non seulement fabriqua dans ses usines tous les appareils électriques complexes pour la manufacture desquels ses ateliers étaient spécialement organisés, mais aussi il absorba dans une large part la production de firmes fabriquant le matériel accessoire (traverses, poteaux, isolateurs, etc.). Comme ce consortium avait des moyens financiers plus importants que chacune des compagnies associées prise individuellement, il pouvait acheter à meilleur compte, grâce à un service d'achat et à des magasins d'approvisionnement très développés. On ne tarda pas à s'apercevoir que la concurrence entre les compagnies associées dont les services d'achat étaient en général insuffisamment développés tendait à faire monter les prix des fournitures de tout ce matériel accessoire. D'autre part,

l'achat et l'emmagasinage de matériel étaient évidemment une fonction secondaire pour ces compagnies associées dont la fonction principale est avant tout d'assurer le service téléphonique régional courant, c'est-à-dire de faire fonctionner les installations existantes. Ces considérations amenèrent les compagnies associées à signer, en 1901, un contrat avec la Western Electric Cy, qui fut désormais chargée pour l'ensemble du territoire des États-Unis, non seulement de la construction des appareils électriques spéciaux à la téléphonie, mais aussi de l'achat et de l'emmagasinage de tous les éléments du matériel et de l'outillage téléphoniques, y compris des articles qui, comme les isolateurs et les poteaux, sont utilisés par d'autres industries que celle du téléphone.

Ce contrat a donné à la Western Electric un pouvoir d'achat énorme et lui a permis de traiter avec les producteurs du monde entier de matières premières et de certains articles entièrement fabriqués dans les conditions les plus favorables, d'organiser des centres de production suivant les meilleures méthodes scientifiques, comportant non seulement une préparation minutieuse du travail suivant les idées de Taylor, mais aussi une inspection très développée des pièces fabriquées au cours de leur fabrication ce qui, seul, rendit possible la production en grande série de pièces et d'appareils rigoureusement conformes à des étalons étudiés avec soin dans tous leurs détails par les bureaux d'études et les laboratoires de New-York.

Enfin, ce contrat a permis à la Western Electric d'organiser, en différents centres de distribution répartis dans tout le territoire, des magasins d'approvisionnement très vastes qui constituent une véritable assurance contre tous les accidents et un élément de sécurité important pour la continuité du service téléphonique. En effet, après les grands incendies de San Francisco et de Baltimore et les grandes inondations de Pueblo, on a pu, en puisant dans ces vastes magasins, obtenir des fournitures de matériel et d'outillage nécessaires à la reconstruction aussi vite qu'on pouvait les utiliser.

Sans entrer dans le détail de l'organisation des usines proprement dites de la Western Electric Cy, indiquons tout de même les divisions principales (1).

(1) Voir dans les *Annales des P.T.T.* les articles de M. Pomey sur ce sujet.

Dans les établissements manufacturiers énormes de Hawthorne près de Chicago, on trouve une première division qui régularise la marche des usines, lance les ordres d'approvisionnement de matériel et de mise en chantier des fabrications, qui, en un mot, fait œuvre de répartition de la production. Une deuxième division comprend les ateliers proprement dits où l'on fabrique et manufacture. Une troisième division très développée a la charge des machines, de l'outillage, des méthode de travail et de la rédaction des fiches d'instruction suivant les principes de l'organisation scientifique des ateliers. Une quatrième division assure le service d'inspection : poussant ses ramifications dans tous les coins de tous les ateliers, elle est chargée de la vérification des objets fabriqués et du contrôle de leurs différentes pièces au point de vue de leur conformité rigoureuse aux dessins, cotes, types, clauses et conditions techniques.

Pour donner une idée des difficultés de la tâche qui incombe à ce service de contrôle de la fabrication, disons qu'il y a à la Western Cy plus de 80.000 pièces détachées différentes, dont on fabrique, chaque année, de grandes quantités depuis des centaines jusqu'à plusieurs millions. Chacune de ces pièces en cours de fabrication est vérifiée au point de vue de ses diverses qualités électriques, chimiques, mécaniques et au point de vue de ses dimensions. Ces vérifications se font à tous les stades où l'objet fabriqué vient de prendre une forme déterminée par des cotes fixées à l'avance qu'il est important de contrôler. Tous les objets sans exception sont soumis à ce contrôle et seuls poursuivent leur transformation en usine ceux qui ont satisfait aux deux limites de tolérance imposées dans chaque vérification. Les jauges sont quelquefois de véritables machines vérifiant automatiquement jusqu'à une dizaine de conditions en même temps. Ce contrôle est extrêmement important car pour arriver à réaliser une véritable standardisation d'un matériel aussi complexe et aussi précis que le matériel téléphonique, il est nécessaire non seulement d'employer pour la fabrication des machines perfectionnées comportant des montages judicieux précis et efficaces, mais aussi de contrôler rigoureusement et d'une façon continue cette fabrication, en utilisant également des montages appropriés afin de maintenir les écarts accidentels d'exécution dans les limites de tolérance.

En dehors des divisions précédentes, les usines de la Western Electric comportent naturellement des laboratoires industriels qui analysent les opérations délicates et réduisent les difficultés, des bureaux de dessin qui rassemblent les résultats acquis, les coordonnent et dressent les projets, un service commercial qui comprend en particulier un service d'achat très développé et très documenté, enfin un service de comptabilité industrielle qui enregistre toutes les opérations et les juge.

Voilà l'organisation téléphonique américaine. Revenons en France. Que voyons-nous ?

Je me permettrai ici de m'exprimer en toute liberté avec le désir que rien dans ce que je dirai ne puisse apparaître comme une critique si légère soit-elle de l'œuvre de mes chefs et de ceux qui nous ont précédés au nombre desquels on compte tant d'administrateurs éminents dont la carrière fournit les plus beaux exemples de dévouement au bien public.

IV. — L'organisation téléphonique française.

En France une Administration centrale dont le chef est, hélas ! instable, commande de Paris à tout le territoire.

Sans doute, il existe des directions régionales, mais ce sont des créations récentes et plus nominales qu'effectives ; elles manquent d'autorité parce qu'elles n'ont pas assez de personnel technique supérieur. En fait, elles sont souvent réduites à un rôle d'intermédiaire sans grande initiative.

L'Administration de Paris centralise en somme toute l'exploitation du téléphone, dirige tous les travaux de construction de lignes, d'installation de bureaux et est obligée d'intervenir dans les questions les plus minimes.

Tout ce qui concerne le personnel est géré par une Direction du personnel qui est forcée de prendre en considération à la fois les besoins de la poste, du télégraphe et du téléphone. Il est difficile de satisfaire simultanément à ces trois points de vue.

L'Administration centrale surchargée déjà par la marche et l'ex-



ploitation normale des installations et des réseaux existants, doit aussi établir les projets et spécification relatifs aux constructions et aux installations nouvelles, placer les commandes, en suivre l'exécution, faire réceptionner les fournitures après avoir pris les dispositions pour s'assurer de leur conformité aux cahiers des charges, régler les fournisseurs, mettre en service des appareils nouveaux ou des méthodes d'exploitation nouvelles et éduquer en conséquence le personnel. Elle doit aussi, et ce n'est pas une petite affaire, répondre aux questions posées par les parlementaires, préparer les demandes de crédits budgétaires avec une abondance incroyable de notes justificatives pour expliquer un an ou deux à l'avance toutes les dépenses prévues.

Quelles que soient l'intelligence, la compétence technique et administrative, la bonne volonté et l'ardeur au travail des fonctionnaires de l'Administration Centrale, ils ne sauraient évidemment tout faire, et c'est imposer à des hommes une tâche trop lourde que de les charger simultanément de l'exploitation des installations actuelles et de l'étude et la réalisation des installations futures.

M. Fayol, dans sa magistrale étude sur les Postes, Télégraphes et Téléphones, a démontré la nécessité d'un chef permanent et stable ; seul un tel chef aurait le temps et le pouvoir de réaliser une décentralisation administrative effective dont tout le monde reconnaît la nécessité.

A côté de cette unité excessive de direction, nous voyons par contre une diversité prodigieuse du matériel, de l'outillage et des méthodes d'exploitation. Il n'y a pas d'entreprise qui se prête mieux que le téléphone à la standardisation et il n'y a pas de grands pays où la standardisation téléphonique soit moins avancée qu'en France. C'est seulement cette année que nous sommes sur la voie d'un type d'appareil téléphonique unique pour tous les abonnés manuels ou automatiques. Si nous y parvenons, c'est parce que la création d'un laboratoire de téléphonométrie a permis de placer enfin la question du choix d'un appareil-type sur un terrain de technique pure, dégagé de toutes questions commerciales et de toutes interventions extérieures concomitantes.

Y a-t-il en France deux bureaux téléphoniques intallés avec le même matériel et suivant la même méthode ? C'est douteux, mais en tous

cas, il est certain que, s'ils existent, ils sont exploités de manières différentes suivant le tempérament propre des chefs qui les dirigent ou des mécaniciens qui les entretiennent.

Sans doute, nous avons depuis la guerre un Service d'Études Techniques et un Laboratoire de Recherches techniques, mais ce sont des services nouveau-nés qui comptent en tout quelques ingénieurs, alors qu'il y a des trentaines d'ingénieurs dans les organisations similaires allemande et anglaise et des milliers d'ingénieurs au bureau central d'études, de recherches et de développement de New-York.

D'une manière générale, on peut dire que le double esprit scientifique et commercial qui anime si profondément toute l'organisation américaine n'est pas assez vivant en France. C'est ainsi que les études de développement des réseaux, les prévisions d'accroissement du trafic dans 5, 10 et 20 années qui sont la base d'un programme à long terme sont insuffisantes et n'ont pas la rigueur scientifique désirable. Il en résulte que les travaux neufs ne seront par la force des choses trop souvent entrepris qu'en vue de combler les lacunes les plus graves, lorsque le mal saute aux yeux de tous et qu'un remède s'impose d'urgence.

Bref, nous avons à faire un effort immense, non pas seulement de construction de lignes, d'installations de bureaux centraux, de réfection et d'extension du réseau et de l'outillage téléphoniques mais encore un effort de réorganisation complète : administrative, technique, financière et commerciale. Et cette réorganisation doit s'étendre *non seulement à l'Administration d'État des Téléphones, mais aussi à l'Industrie de Construction du matériel et de l'outillage téléphoniques.*

V. — Ce qu'il est urgent de faire en France pour le téléphone.

Les solutions qui ont été proposées pour améliorer le service téléphonique français sont en général, soit le passage pur et simple à l'industrie privée qui se substituerait à l'État pour l'Exploitation du téléphone, soit le maintien de l'organisation actuelle pourvue d'une autonomie budgétaire et dotée de crédits importants pour l'exécution d'un programme de travaux neufs.

Le premier de ces remèdes a été préconisé le plus souvent sans étude préalable, d'une manière hâtive et parfois un peu puérile, par des gens qui n'ont jamais mesuré la difficulté du problème. Comment peut-on songer aussi légèrement à confier à une Société privée, même contrôlée par l'État, un service d'intérêt général qui touche à tous et à tout : il n'y a pas une entreprise, une famille, un citoyen qui n'ait besoin du téléphone ; le gouvernement, la police et la sûreté générale, le commerce, l'industrie, l'agriculture, la bourse n'ont pas d'outil plus indispensable ! D'ailleurs existe-t-il un industriel sérieux qui accepterait de gérer une entreprise aussi vaste dont l'activité s'étend à tout le pays, dont le personnel compte plus de cinquante mille unités sans une étude préalable approfondie, à la fois politique, administrative, financière, technique et commerciale, qui lui aurait permis, après bien des efforts, de mettre sur pied un projet d'organisation et de contrôle ? La cession des téléphones à l'industrie privée est une chimère : mais c'est aussi une source de discussions stériles qui risquent de faire perdre de vue les remèdes pratiques que le bon sens commande d'apporter d'urgence à la situation actuelle et qui peuvent fort bien prendre place dans le cadre de l'organisation présente.

La deuxième solution, comportant l'autonomie budgétaire et l'ouverture de crédits importants, a au contraire l'avantage de s'appliquer aux réalités d'aujourd'hui, mais elle est incomplète. L'autonomie budgétaire, accompagnée de l'institution d'une comptabilité commerciale et industrielle sérieusement établie, permettrait évidemment de contrôler, dans une certaine mesure, la gestion de l'Administration téléphonique et de définir, avec plus de précision, les responsabilités de chacun de ses services : c'est appréciable, mais ce n'est pas tout. Quant aux crédits pour l'exécution de travaux neufs, il ne suffit pas de les avoir, il faut encore pouvoir et savoir les utiliser. Bien souvent on a eu des crédits, mais on ne s'en est pas servi *par manque d'autorité*, bien que les fonctionnaires de l'Administration des Postes et Télégraphes aient fait tous leurs efforts et accompli tout leur devoir : le câble téléphonique de Paris à Strasbourg en est un exemple frappant.

C'est qu'il ne s'agit pas seulement de réformer, de réparer ou d'agrandir : il faut *reconstruire*. La maison téléphonique française est

étriquée, incommode et il est impossible de la développer rationnellement. Cependant il faudra bien s'en contenter encore quelques années, car il est difficile, long, et coûteux de rebâtir une maison nouvelle de cette importance avec les derniers perfectionnements et tout le confort moderne.

Il convient, semble-t-il, avant tout, de laisser l'Administration d'État actuelle tirer le meilleur parti possible de cette vieille maison, en ménagère sage, économe et travailleuse, et de la dégager de toute préoccupation concernant l'avenir.

M. Fayol a excellemment défini dans ses ouvrages sur l'Administration générale, les règles suivant lesquelles on doit mener une entreprise. L'Administration, forcée de se mouvoir dans le cadre étroit que limitent si tyranniquement les lois budgétaires, le contrôle parlementaire et les méthodes générales des services de l'État, ne pourra pas suivre à la lettre toutes les règles judicieuses énoncées par M. Fayol, elle pourra néanmoins avec profit en observer plusieurs qu'elle méconnaît pour le moment.

Mais ce qu'il importe d'entreprendre d'urgence, c'est la construction de la nouvelle maison téléphonique suivant des plans largement tracés et avec un agencement répondant à tous les besoins présents et futurs du public français.

L'Administration est-elle actuellement en mesure d'analyser et de préciser ces besoins ? L'industrie téléphonique actuelle est-elle capable d'établir les plans de cette maison et de la construire ?

Il semble que la réponse à ces deux questions ne puisse pas pour le moment être affirmative.

Nous ne connaissons pas les besoins actuels avec une exactitude suffisante car l'Administration du téléphone n'est pas en contact suffisamment intime avec le public.

D'autre part, il nous est difficile pour le moment d'évaluer judicieusement et avec précision les besoins futurs, car nous n'avons pas encore les organisations scientifiques complexes d'études du trafic et d'études de développement de réseaux. Ces organisations ne s'improvisent pas en un jour ; elles exigent des ingénieurs d'exploitation formés spécialement pour l'étude des questions de trafic téléphonique. Des efforts ont été faits au cours des dernières années pour recruter

des ingénieurs, mais on est encore loin d'en avoir un nombre suffisant. Lorsque de telles organisations sont établies, il faut leur laisser le temps de recueillir des renseignements et des données statistiques difficiles à rassembler.

Le programme de réfection et d'extension du réseau et de l'outillage téléphoniques que l'Administration présente actuellement au Parlement est le résultat d'études et de travaux considérables et doit être considéré comme un programme minimum. Mais ce n'est, et ce ne peut être évidemment, qu'un avant-projet, comme toutes les notes et rapports justificatifs de demandes de crédits. L'exécution nécessitera bien d'autres projets et bien d'autres travaux.

D'autre part, l'industrie téléphonique française est-elle, dans son état actuel, capable de mener à bien, suivant les derniers progrès de la technique, l'établissement de réseaux et d'installations téléphoniques perfectionnés?

En comparant les usines téléphoniques françaises actuelles aux usines étrangères, on est conduit à répondre négativement.

L'industrie téléphonique d'un pays dépend en somme du nombre total des abonnés au téléphone, et ceci explique que les usines téléphoniques françaises soient relativement petites. D'autre part, elles sont éparses et coopèrent peu techniquement ensemble; elles ne possèdent pas assez de machinisme perfectionné, n'ont pas en général de laboratoires de recherches, ni même le plus souvent d'organisation de contrôle scientifique de la fabrication.

Or, si la technique téléphonique a, pendant ces dernières années, réalisé d'importants progrès qui permettent d'assurer avec plus de sécurité, dans de meilleures conditions d'audition et à des prix plus avantageux, des communications téléphoniques d'une portée immensément accrue, c'est au prix de complications considérables du matériel.

Les relais téléphoniques réversibles des circuits à deux fils, les relais téléphoniques à réglage automatique des circuits à quatre fils, les câbles téléphoniques à conducteurs parfaitement équilibrés permettant un fonctionnement satisfaisant des circuits fantômes pupinisés, les installations de téléphonie multiple par courants porteurs de haute fréquence, les commutateurs automatiques des grandes villes à grand nombre d'abonnés, enfin les dispositifs de raccord entre un circuit

téléphonique et une liaison radiotéléphonique duplex, sont évidemment des perfectionnements merveilleux dont il est impossible de se passer aujourd'hui, mais ils comportent tous des appareils difficiles à calculer, difficiles à construire, difficiles à installer et à régler, et enfin délicats à entretenir.

L'industrie française, qui n'a pas encore eu à réaliser couramment de telles installations, n'est naturellement pas encore équipée en vue de le faire. Elle devra produire un gros effort pour y parvenir, effort à la fois technique et financier. Je crois que de petites firmes ne peuvent pas isolément accomplir cet effort. Il faudrait que ces usines éparses se groupent *techniquement* en un bloc unique, chacune étant spécialisée pour la fabrication des pièces ou des organes vers laquelle elle est dès maintenant le mieux orientée. La mise en commun d'une partie de leurs ressources permettra à ces usines de créer les laboratoires industriels et les services de contrôle de la fabrication qui, seuls, rendent possible l'établissement d'un matériel conforme aux plans et spécifications des étalons et par suite de réaliser véritablement la standardisation téléphonique.

Ce groupement des usines de construction de matériel téléphonique devrait être surtout un groupement technique et, aussi dans une certaine mesure, un groupement financier, chaque usine gardant toutefois sa personnalité propre et son autonomie administrative. L'expérience prouve en effet que, dans un pays individualiste comme le nôtre, les petites entreprises fonctionnent, en général, mieux que les très grandes : les vastes administrations échappent en effet forcément au contrôle minutieux et détaillé d'un chef unique, et notre génie national se prête mal à la constitution d'un conseil directorial qui grouperait des chefs égaux en droits, en pouvoirs, en grades, mais compétents en des matières différentes et unis dans leur travail comme s'ils ne constituaient qu'une seule individualité.

Toutefois, si chacun reste maître de la direction administrative et de la gestion financière de son usine, il n'y a pas d'objection à ce que tous suivent les mêmes directives techniques dans l'organisation des ateliers et de la fabrication ainsi que dans le calcul des prix de revient.

Un examen superficiel conduirait à faire croire qu'un tel groupe-

ment de constructeurs de matériel téléphonique limiterait le jeu de la libre concurrence. Je suis convaincu qu'il n'en est rien. Le jour où l'Administration des Téléphones possédera une organisation capable de se documenter avec précision sur les prix de revient des fabrications, elle obtiendra des prix certainement inférieurs aux prix actuels. N'oublions pas d'ailleurs qu'aujourd'hui la concurrence est souvent et forcément illusoire surtout pour les commandes importantes. Quand il s'agit d'une grosse fourniture de matériel d'un type nouveau, l'Administration a-t-elle pratiquement le choix entre de nombreux constructeurs français ? Quand il s'agit d'une extension même importante d'une installation existante (d'un bureau central téléphonique, par exemple), l'Administration n'est-elle pas en fait contrainte de s'adresser à celui avec lequel elle avait traité antérieurement?

Ne renonçons donc pas aux avantages techniques considérables et certains de la standardisation du matériel et de l'organisation scientifique des ateliers par crainte d'un danger commercial qui en fait ne se produira pas !

Ce groupement technique des usines téléphoniques étant effectué, l'Administration des Téléphones étant dotée de l'autonomie budgétaire et du chef unique, compétent et stable, dont M. Fayol a démontré la nécessité avec tant d'éloquence, quel travail technique et matériel faudra-t-il faire pour construire la nouvelle maison téléphonique que tout le monde désire ?

Partant du plan d'extension du réseau et de l'outillage téléphonique présenté au Parlement et mettant à profit l'expérience des pays étrangers, il faudra : 1° évaluer avec précision les besoins présents et futurs du public français en matière de téléphonie ; 2° dresser un programme *précis* de travaux échelonnés sur plusieurs années ; 3° se procurer les moyens financiers pour l'exécution de ce programme ; 4° procéder à une standardisation téléphonique complète, c'est-à-dire définir pour les différents organes à fabriquer à l'avenir des types précis dont les dimensions et les caractéristiques (mécaniques, électriques, chimiques, etc.) sont fixées d'une manière définitive ; 5° grouper en un ensemble cohérent les usines et manufactures existant actuellement en adaptant chacune d'elles à une fabrication bien déterminée. Organiser scientifiquement la production dans chacune de

ces usines et leur fournir tous les éléments et renseignements nécessaires pour leur permettre une fabrication conforme aux modèles standardisés ; 6° coordonner l'exécution de tous les travaux neufs (fabrications dans les usines, installations dans les bureaux téléphoniques, pose des câbles à grande distance, etc.) ; 7° assurer l'entretien des installations nouvelles dont la complication technique sera parfois considérable ; 8° introduire en France, ou créer, développer et mettre au point des appareils nouveaux et des méthodes nouvelles et instruire à cet effet à la fois le personnel des services d'exploitation téléphonique et le personnel des services techniques des manufactures de matériel.

Des réformes profondes effectuées aussi bien au sein de l'Administration des Téléphones qu'au sein de l'Industrie de construction du matériel téléphonique permettront seules de réaliser un tel programme, rapidement, d'une manière perfectionnée et dans des conditions économiques avantageuses. Seule l'exécution complète d'un tel programme nous conduira vers le service téléphonique satisfaisant que le public français réclame à juste titre comme un indispensable outil de développement national et comme une arme nécessaire dans la concurrence industrielle, commerciale et agricole entre les nations.

UN NOUVEAU TYPE
DE LAMPE A VIDE TRÈS PUISSANTE

Par M. W. WILSON (1).

La construction de lampes à vide de puissance supérieure à 1 kilowatt est rendue très difficile du fait de l'énorme quantité de chaleur que ces lampes doivent pouvoir supporter en service. L'auteur décrit les procédés d'usine grâce auxquels on a pu construire des lampes de 100 kilowatts.

L'extension prise par la radiotéléphonie et l'emploi des ondes entretenues en T. S. F., ont conduit à l'adoption quasi générale des lampes à vide pour produire les courants à haute fréquence dans les stations de faible puissance.

Toutefois, la forme ordinaire des lampes à vide se prête mal à la production d'énergies considérables; lorsque les stations émettrices utilisent des courants de l'ordre de plusieurs centaines de kilowatts, il faut recourir à des postes à arc ou à des alternateurs haute fréquence.

Les avantages incontestables que présentent les tubes à vide (surtout en téléphonie sans fil, où l'énergie doit être modulée par les courants de conversation) ont provoqué la demande de lampes capables de débiter des sommes d'énergie comparables à celles utilisées par les stations les plus puissantes. Pour téléphoner d'Arlington à Paris et à Honolulu, il avait fallu employer 300 lampes du modèle le plus puissant connu à l'époque (1915), chaque lampe débitant 25 watts environ ; les difficultés du montage en parallèle d'un nombre de lampes aussi élevé firent activer les recherches tendant à l'invention de lampes à vide d'un modèle plus puissant.

---

(1) *Electrical Communication* : août 1922.

La lampe à vide ordinaire comprend une ampoule en verre où le vide a été fait et renfermant un filament, une plaque et une grille. Lorsque la lampe fonctionne, un courant d'électrons circule entre le filament chauffé et la plaque ; la grille règle le passage du courant électronique.

Le passage du courant dans la lampe est accompagné d'une dissipation dans la plaque, d'une quantité d'énergie correspondant à l'énergie appliquée au circuit de sortie et qui se manifeste sous forme de chaleur. Il en résulte que la température de la plaque s'élève jusqu'à ce que la perte de chaleur par rayonnement soit égale à l'énergie ainsi dissipée. Une partie de la chaleur dégagée est absorbée par l'ampoule en verre qui, par conséquent, s'échauffe. En tenant compte des considérations qui précèdent et des dimensions maxima que l'on peut donner pratiquement à la plaque et à l'ampoule elle-même, on voit que la quantité d'énergie dissipée dans une lampe du modèle ordinaire, ne peut être supérieure à 1 ou 2 kilowatts. Les plaques sont le plus souvent en molybdène ou en tout autre métal réfractaire ; les ampoules sont en verre recuit.

L'emploi du quartz au lieu du verre présente certains avantages qui tendent à relever légèrement la limite de l'énergie engendrée ; on s'en est servi en Angleterre pour construire des lampes plus puissantes que les lampes à ampoule en verre. Il est évident que pour construire des lampes très puissantes, il ne faut plus compter seulement sur le rayonnement pour dissiper la chaleur au voisinage de la plaque. MM. Stoekle et Buckley ont eu l'idée, après plusieurs années de recherches, de supprimer la chaleur en rendant la plaque solidaire de l'ampoule de la lampe et en la refroidissant à l'eau. Le principe était bon, mais on voit quelles difficultés de construction il fallait vaincre pour fabriquer des lampes volumineuses et établir une soudure solide entre l'enveloppe en verre et des masses importantes de métal. Mais l'importance du problème était telle que Stoekle et Buckley s'efforcèrent de triompher des difficultés de construction de lampes pouvant débiter des kilowatts, au lieu de watts comme les anciens modèles.

Un premier progrès fut réalisé par MM. Schwerin et Weinhardt collaborateurs du docteur Buckley ; ils proposèrent de donner à la plaque la forme d'un tube scellé dans le verre et refroidi en y faisant circuler de l'eau. Le métal employé était du platine. Une lampe fut alors construite, qui mérite de retenir l'attention puisqu'elle était la première qui se prêtait à une construction en série. La figure 1 montre la disposition des divers organes. La plaque est constituée par un cylindre en platine *A*

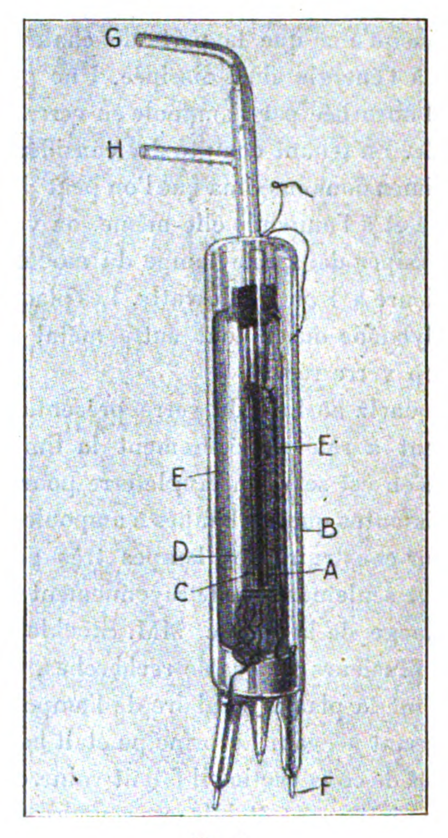


Fig. 1.

scellé au centre du tube cylindrique *B*. L'extrémité du cylindre de platine éloignée du point de scellement est fermée. La plaque est entourée par la grille *C* et le filament D, qui sont supportés par les petits arbres en verre *E*. Le courant de chauffage du fila-

ment circule entre les contacts en platique F. L'eau appelée à refroidir la plaque entre en *G* et ressort en H. On construisit plusieurs lampes de ce genre pouvant débiter jusqu'à 15 kilowatts.

Dès que les travaux imposés par l'état de guerre le permirent, MM. Houskeeper et Kelly s'efforcèrent de perfectionner encore les lampes à électrode froide ; le premier s'intéressa plus particulièrement au perfectionnement de la construction matérielle et le second aux problèmes d'ordre électrique et pneumatique.

M. Houskeeper eut recours à un mode de scellement du verre et du métal vraiment remarquable et qu'il avait imaginé précédemment ; le scellement peut avoir une dimension quelconque ; il peut, sans craqueler et sans cesser d'être imperméable à l'air, résister à des échauffements et refroidissements alternés allant de la température de l'air liquide à la température de 350° centigrade.

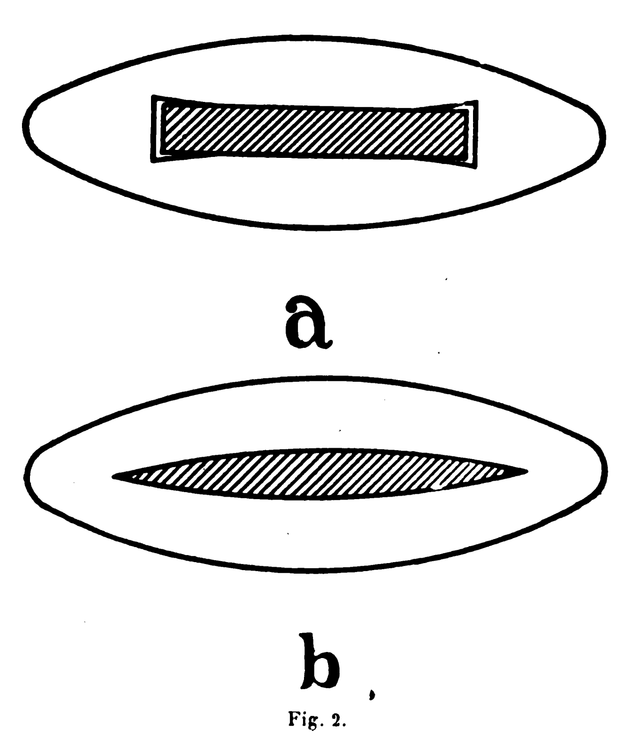


Fig. 2.

Le principe appliqué est le suivant : établir par combinaison chimique, ou par simple trempage, une liaison étroite entre le verre et le métal ; donner à l'un et à l'autre des dimensions telles que les efforts produits lors du chauffage et du refroidissement du scellement ne fassent ni craqueler le verre ni cesser le contact intime du verre et du métal.

Les trois principaux types de scellement imaginés par M. Houskeeper sont connus sous le nom de : scellement en ruban, en disque et en tube.

Lorsqu'on scelle directement dans le verre une lamelle de cuivre, on constate que l'adhérence est parfaite pour le corps de la lamelle, tandis que sur les bords elle n'existe pas (fig. 2 a). Ceci provient de ce qu'au moment du refroidissement le verre subit un effort de traction plus grand sur les bords que sur la partie centrale ; il cède donc sur les bords du scellement et se détache du métal. Si les bords de la lamelle de cuivre sont effilés

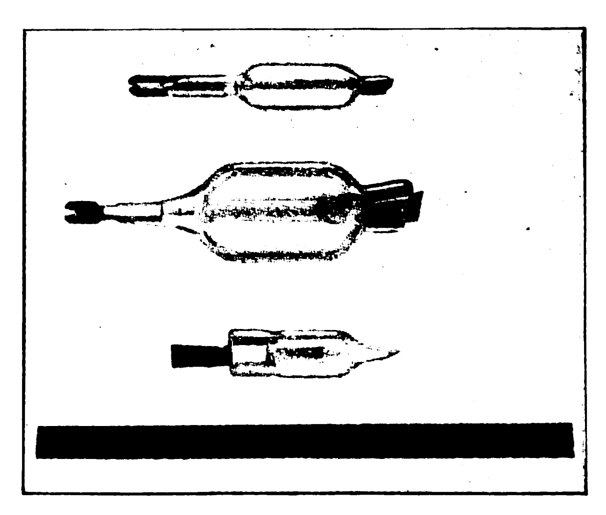


Fig. 3.

(fig. 2 b), le scellement est plus robuste, car alors les forces d'adhésion, entre le verre et le métal le long des surfaces en contact, sont suffisantes pour allonger la tranche très mince et l'empêcher de se contracter au moment où l'ensemble se refroidit. Il existe un rapport nettement défini (entre les propriétés élas-

tiques du métal et du verre d'une part et l'angle de vive arête de la lamelle d'autre part), dont il faut tenir compte pour obtenir un scellement satisfaisant.

En donnant à la lamelle métallique une forme convenable, on est arrivé à réussir des scellements de grande dimension. La figure 3 en représente plusieurs ; le plus grand a une largeur de 25 mm. ; il peut conduire dans d'excellentes conditions un courant de 150 à 200 ampères.

Les principes de la fabrication des scellements en forme de disque sont les mêmes que pour le scellement en ruban. Les bords du disque métallique doivent être amincis, faute de quoi le cuivre et le verre se sépareront au moment du refroidissement.

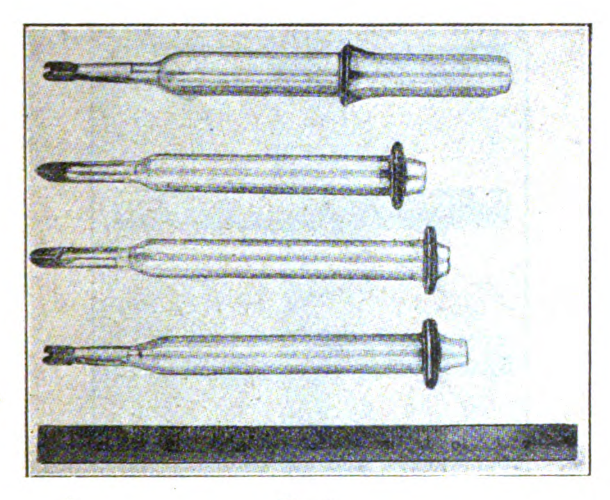


Fig. 4.

Étant donné l'emploi qui est généralement fait de ces scellements, il n'est pas nécessaire que le verre entoure la circonférence du disque en cuivre ; d'autre part, on peut se dispenser d'amincir les bords du disque à condition que la partie centrale de celui-ci adhère bien au verre et qu'il n'y ait pas de bavures de verre sur les bords du disque. Mais, il faut qu'il y ait de part et d'autre du scellement un anneau de verre qui égalisera les efforts de flexion qui ne manqueraient pas de séparer l'un de l'autre le

verre et le disque en cuivre. Il existe évidemment une épaisseur maximum pour un scellement d'un diamètre donné ; il est préférable de rester bien au-dessous de l'épaisseur limite.

Les scellements représentés sur la figure 4 ferment les extrémités des tubes de verre qui, à l'autre bout, portent une lampe pilote servant à vérifier le vide. Un grand nombre de tubes ainsi conditionnés servent depuis plusieurs années sans que le degré de vide ait subi la plus légère détérioration.

Le troisième type de scellement, qui est le plus intéressant pour l'étude du problème que nous traitons, est représenté sur la figure 5. Un tube en verre et un tube métallique sont scellés bout à bout ; ce scellement sert dans les lampes à plaque froide, pour fixer la plaque cylindrique au tube de verre qui isole de celle-là

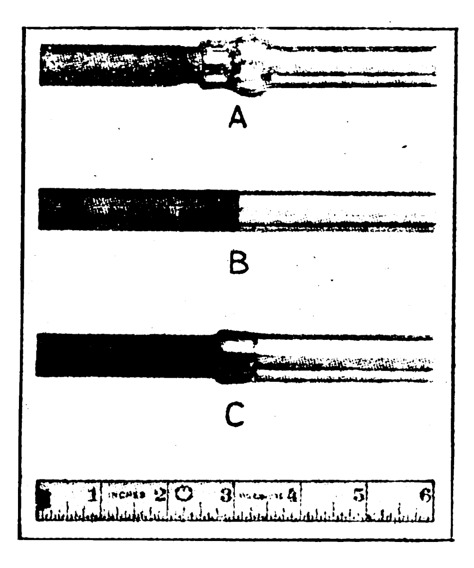


Fig. 5.

les autres éléments de la lampe. De même que dans le cas du scellement en forme de disque, on peut réaliser celui-ci sans que les bords du métal adhèrent au verre (fig. 5 A), ou en amincissant ces bords pour qu'ils adhèrent au tube de verre ; dans ce dernier cas, le tube de verre peut être soit à l'intérieur soit à l'extérieur du tube métallique (fig. 5 *B* et *C*).

Les premières lampes à vide comportant des scellements ainsi conditionnés pouvaient fonctionner sous 10.000 volts ; leur débit était de 5 kilowatts environ. La figure 6 représente une de ces lampes ; la figure 7 montre le dispositif filament-grille. La plaque est constituée par un tube en cuivre long de 20 cm. environ et ayant un diamètre de 38 mm. Un disque en cuivre soudé à l'une

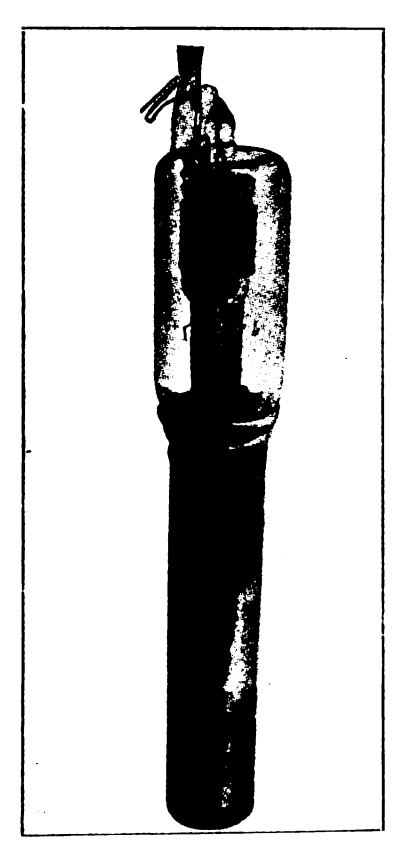


Fig. 6.

des extrémités du tube constitue un joint étanche. L'autre extrémité rabattue et amincie comme une lame de couteau, est soudée directement par fusion sur un tube en verre.

Le dispositif filament-grille est formé de deux disques en lavite *D* et *E*, séparés par un tube en acier sans cassure. La grille *F*

est en forme d'hélice ; elle est maintenue en place par des fils longitudinaux auxquels sont soudés les spires de l'hélice et qui passent dans des trous percés dans les disques *D* et *E*. Le filament *G* est monté entre des crochets fixés aux disques *D* et *E* et tendu par les ressorts *H*. Le fil de connexion avec la grille est représenté en *J*, et les fils de connexion avec le filament en *K*, *K*. Les fils de connexion aboutissent sur des contacts en platine. En raison de la présence des ressorts *H*, il faut appliquer le courant au filament par l'autre bout du dispositif ; on y arrive en faisant passer le courant par le tube-support en acier ; il ressort de la lampe par un conducteur, isolé au moyen d'un tube en quartz.

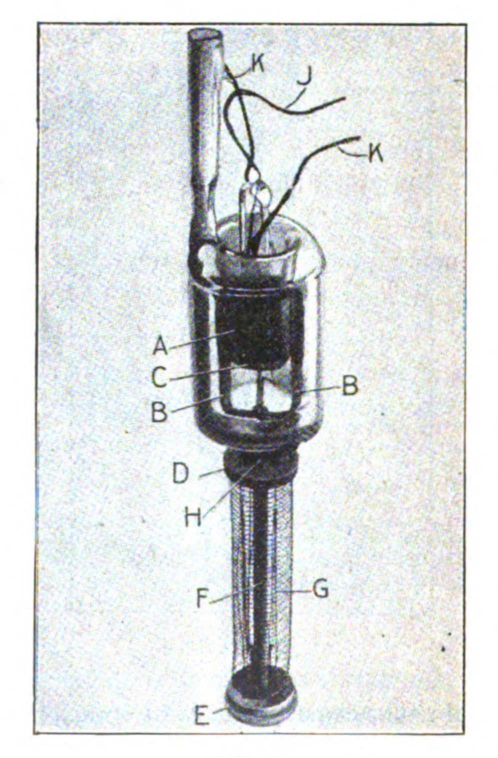


Fig. 7.

L'ensemble du dispositif est maintenu par deux supports *B B*, qui sont soudés à une couronne en nickel ondulée, qui enserre la tige en verre *C*.

On a éprouvé des difficultés considérables pour faire le vide dans ces lampes, en raison surtout de la présence des gaz retenus par les diverses parties métalliques. L'opération était très longue et dangereuse pour les organes internes qui risquaient d'être déjetés en raison de ce qu'ils étaient maintenus à une température plus élevée que celle à laquelle ils sont exposés en temps normal. On remédia à cet inconvénient en portant les divers organes de la lampe à une température aussi élevée que possible dans un four à vide, avant leur mise en place ; on se débarrassait ainsi de la plus grande partie des gaz occlus. On chauffait donc fortement la plaque avant de la sceller au verre, puis on chauffait de même l'ensemble de la grille juste avant de le fixer à la tige de verre. L'opération d'extraction de l'air et des gaz se trouvait considérablement abrégée et donnait un résultat beaucoup plus uniforme.

Bien qu'une lampe ainsi construite donne toute satisfaction au point de vue du fonctionnement, elle présente certains inconvénients qu'on a jugé bon de faire disparaître. D'abord, la soudure à l'extrémité du tube était une source de mécomptes, car il se produisait des pertes par dérivation à travers le métal. De plus, les nombreux points de soudure à l'intérieur de la lampe constituaient autant de points faibles lorsqu'on élevait la température en vue de pousser le vide. On décida d'essayer un modèle de lampe dont la plaque était étirée d'une seule pièce et où les soudures indispensables à l'assemblage des divers organes étaient bien moins nombreuses que dans le type précédent. En même temps, on décida de donner aux divers organes une superficie ou un volume plus considérables, afin d'obtenir un meilleur isolement aux hautes tensions, et on réussit à construire une lampe plus volumineuse capable de débiter 10 kilowatts pour une tension de plaque de 10.000 volts.

Les figures 8 et 9 montrent la forme à laquelle on s'est finalement arrêté. La plaque en cuivre *A* est d'une seule pièce, longue de 23 cm. ; son diamètre est de 5 cm. La partie évasée *B* est rabattue et sa tranche amincie est soudée à l'ampoule en verre *C*. En *D*, on voit le dispositif grille-plaque, soutenu par quatre

tiges en molybdène filetées et fixées aux disques en lavite *E* et *F*, au moyen d'écrous. Le filament en tungstène pur est fixé en *G* et *H* à deux des tiges en molybdène. La consommation de la lampe est de 0 kW. 75. Le courant pénètre dans la lampe en *J*. Les fils d'amenée du courant de chauffage *K* et *K* sont scellés à deux disques en cuivre *L*, *L*. La grille hélicoïdale en molybdène est supportée par les tiges *M* (en molybdène également), fixées

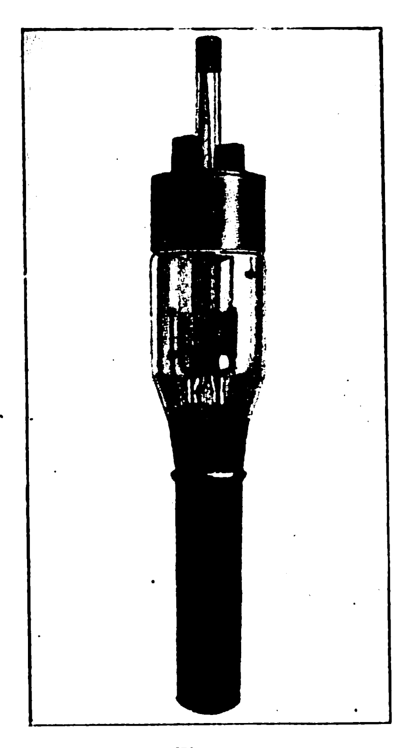


Fig. 8.

au disque en lavite *E* et glissant en dehors du disque en lavite *F*. L'ensemble est fixé sur la partie évasée *R* au moyen d'un collier en nickel *N* et des tiges-supports *P*. Le fil de connexion avec la grille passe dans le tube *Q*. La construction s'achève en soudant la partie évasée *R* à l'ampoule *C*. Dans cette lampe, il n'existe comme joints soudés que ceux du collier *N*: les divers autres organes sont assemblés à l'aide d'écrous. La construction

spéciale de l'anode supprime les pertes si gênantes dans les lampes précédentes ; de plus, la fabrication des lampes peut être poursuivie avec une grande certitude.

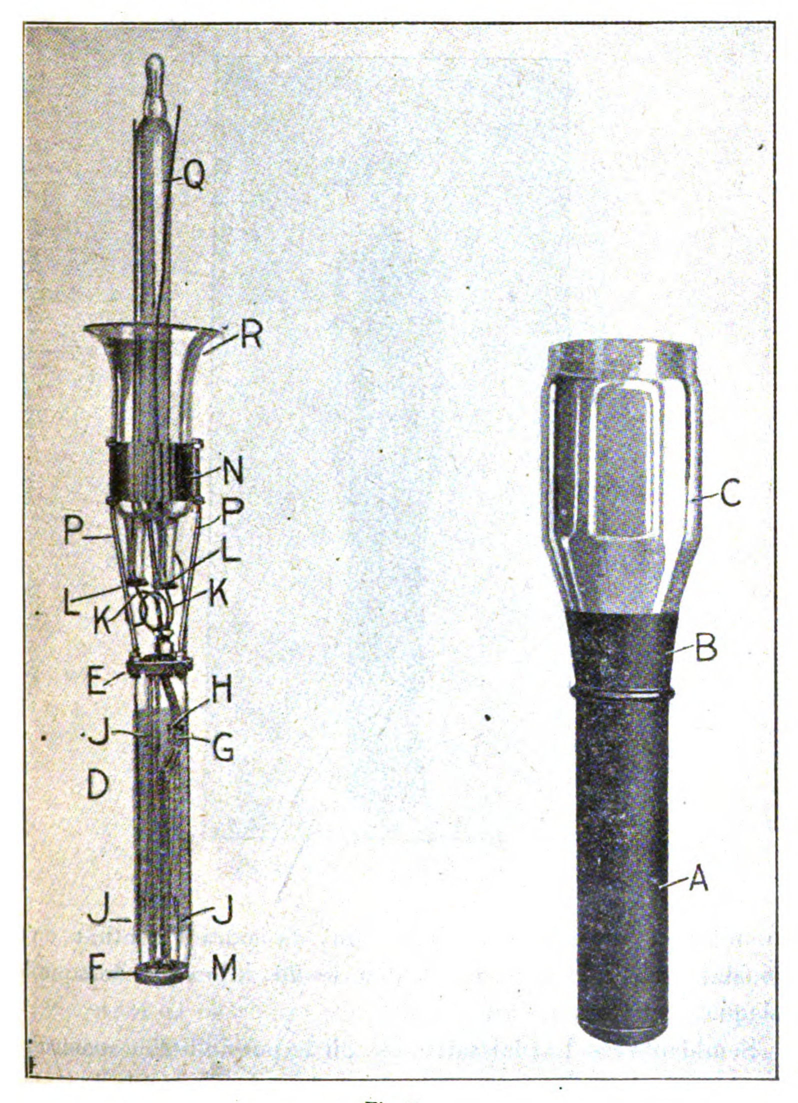


Fig. 9.

Cette lampe a permis d'appliquer jusqu'à 12 kilowatts à une antenne artificielle excitée à 10.000 volts. L'énergie était obtenue

à la fréquence de 600.000 périodes, ce qui correspond à une longueur d'onde de 500 mètres. Chacun sait quelle difficulté on éprouverait pour se procurer cette quantité d'énergie à pareille fréquence, en recourant à un grand nombre de petites lampes

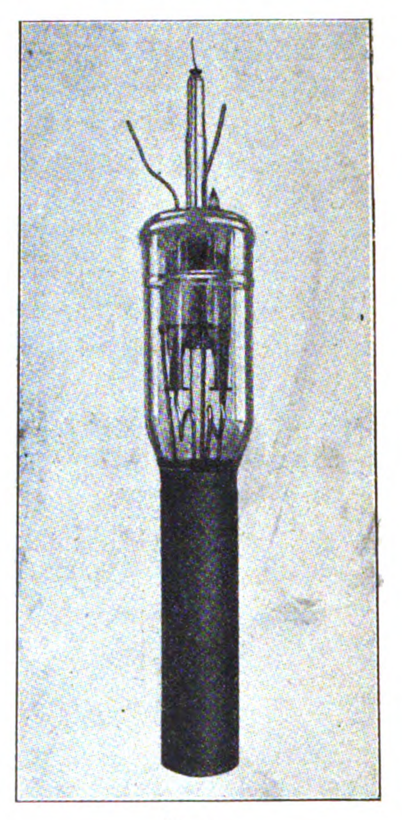


Fig. 10.

montées en parallèle. Lors d'un essai en courant continu, on a constaté que la lampe pouvait donner 26 kilowatts lorsque la plaque était refroidie à l'eau.

Semblable résultat laissait entrevoir la possibilité de construire des lampes d'un modèle encore plus puissant ; on décida de tenter la construction d'une lampe capable de mettre dans l'antenne 100 kilowatts au minimum. On s'est borné à apporter quelques modifications de détail à la construction des lampes du type « 10

kW. » et l'on a obtenu la lampe de « 100 kW. » représentée sur les figures 10 et 11. La plaque constituée par un tube en cuivre sans défauts (longueur : 0 m. 35, diamètre : 88 mm.), est fermée à l'une de ses extrémités par un disque en cuivre. Le filament en

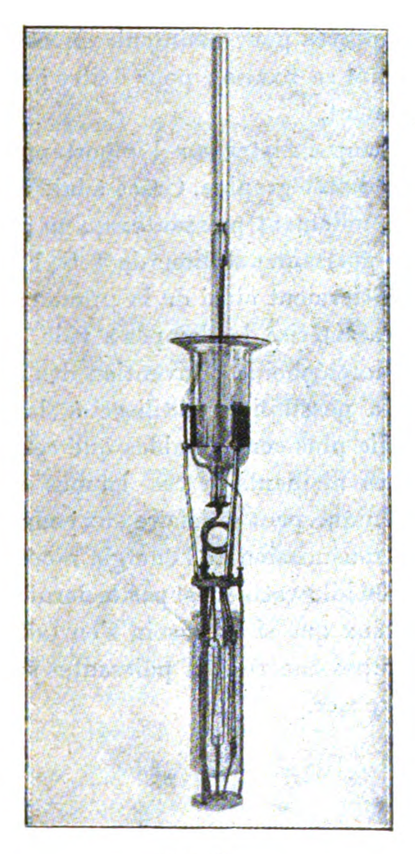


Fig. 11.

tungstène a une longueur de 1 m. 60 et un diamètre de 1 mm. 1/2. Le courant de chauffage est de l'ordre de 91 ampères et l'énergie consumée de 6 kW. Les fils de connexion avec le filament sont des conducteurs en cuivre d'un diamètre de 3 mm. 2 ; ils passent dans des disques de scellement en cuivre de 25 mm. La grille en molybdène est enroulée autour de trois supports également en molybdène.

La mise en place des divers organes d'une lampe aussi volumineuse n'est pas chose facile ; le travail du verre a exigé aussi des précautions particulières et un outillage spécial. C'est ainsi que, vu le grand poids de la plaque, il a fallu la suspendre à la cardan pendant les opérations de scellement ; des dispositifs spéciaux ont été employés pour maintenir en place le groupe filament-grille pendant sa fixation pour éviter que son poids fasse craquer le scellement.

On ne saurait trop insister sur l'importance que présente ce progrès pour la radiotélégraphie. Grâce à lui, nous avons aujourd'hui des lampes tellement puissantes qu'un petit nombre suffirait pour les plus puissantes stations de T. S. F. en service actuellement, qui bénéficieraient ainsi de la grande souplesse de fonctionnement qui caractérise les lampes à vide.

Quant à la radiotéléphonie, l'invention des lampes puissantes laisse entrevoir la possibilité d'utiliser à la transmission des quantités d'énergie plus considérables que celles dont on disposait jusqu'ici. Les filaments de ces lampes sont si longs que l'émission électronique peut satisfaire aux courants à crête élevée qui servent à la transmission de l'énergie modulée.

La lampe de 100 kilowatts n'est pas le dernier mot du progrès. Il n'est pas douteux que si le besoin s'en fait sentir on pourra construire des lampes encore plus puissantes sur les données que nous venons d'exposer.

REVUE DES PÉRIODIQUES

Périodiques en langue française, par M. Taffin, Directeur des Postes et Télégraphes. — Périodiques en langues étrangères, par MM. Cauchie, Inspecteur des Postes et Télégraphes, et Lavoignat, contrôleur des Postes et Télégraphes.

PÉRIODIQUES EN LANGUE FRANÇAISE

Génération par tubes électroniques d'oscillations polyphasées de haute fréquence (Note de M. René Mesny à l'Académie des Sciences). (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 23 octobre 1922.) — Si avec *n* triodes on réalise un montage ayant une symétrie géométrique d'ordre *n*, le système ainsi constitué doit être capable de donner naissance, dans des conditions convenables, à un ensemble d'oscillations polyphasées d'un ordre au moins égal à *n*.

Le montage à trois triodes, schématisé sur la figure, permet en effet d'obtenir des oscillations triphasées. Les filaments sont en parallèle sur la même source ; les trois self-inductances de plaque aboutissent à un point commun P réuni à l'un des pôles du filament à travers une source de haute tension. Les trois self-inductions de grille aboutissent de même à un point commun G connecté à l'une des bornes du filament. Des condensateurs C_1, C_2, C_3 relient deux à deux les grilles des différentes triodes.

Les oscillations ainsi obtenues sont stables et se maintiennent pour des différences entre les éléments homologues des circuits atteignant 4 à 5 °/₀, ce qui permet de faire supporter à ces circuits des charges différentes. Quand les écarts entre les mêmes éléments sont plus grands, le système donne naissance à des oscillations de 2 ou 3 fréquences principales, mais les oscillations triphasées à fréquence unique s'accrochent d'elles-mêmes brusquement dès que, en variant

les capacités ou les self-inductances, on revient dans les limites ci-dessus indiquées.

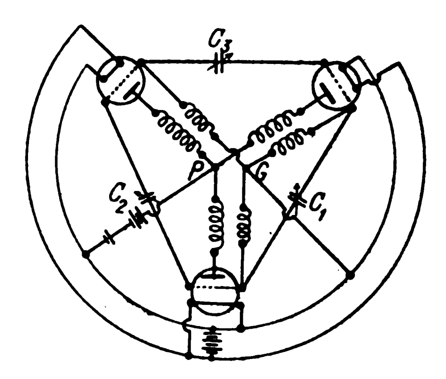


Fig. 1.

L'existence des oscillations triphasées peut être manifestée en réalisant un champ tournant par les mêmes procédés que ceux employés pour les fréquences industrielles, par exemple, en envoyant les trois courants déphasés à 120° dans trois bobines faisant entre elles le même angle de 120°. Une spire de fil fin suspendue au milieu de ce système se met à tourner rapidement dès l'accrochage du courant triphasé ; la rotation peut avoir lieu à volonté dans un sens ou dans l'autre.

Le même champ tournant peut être utilisé à la mesure des phases en haute fréquence.

Si l'on remplace la spire mobile par une bobine orientable on peut recueillir avec cette bobine une force électromotrice dont la phase dépend de son orientation et pour une construction convenable des bobines fixes et mobiles, les variations de phase de cette force électromotrice sont mesurées par les angles dont on fait tourner la bobine orientable. Elles peuvent donc être lues directement sur un cadran.

En introduisant cette force électromotrice dans un circuit d'écoute, on pourra l'opposer, par couplage magnétique ou autre à telle autre force électromotrice de même fréquence et mesurer la phase de celle-ci par la méthode de zéro. On obtient ainsi les différences de phases avec une approximation qui peut dépasser le degré.

Les applications en sont nombreuses : par exemple, l'étude des déphasages aux différents étages des amplificateurs est très simple à exécuter.

D'autre part, le système peut être utilisé pour l'émission de champs tournants. Si trois cadres verticaux, orientés à 120° l'un de l'autre, sont parcourus par les trois courants, ils rayonnent un champ tournant ayant pour axe de révolution la verticale qui constitue l'axe de symétrie des cadres. Sur cet axe, la polarisation est circulaire. Sur une droite faisant avec l'axe un angle θ, la polarisation est elliptique, le rapport des axes de l'ellipse est égal à $\cos^2 \theta$ et son petit axe rencontre l'axe de révolution. Un tel champ peut être utilisé pour la détermination de la position d'un aéronef par rapport à son champ d'atterrissage par temps bouché. Le montage indiqué est un montage type qui peut être modifié dans des limites très étendues en conservant la symétrie ternaire.

Le chèque postal en Belgique depuis la guerre (Extrait de la *Revue de l'Institut de Sociologie de Bruxelles*, novembre 1920).

Le bureau des chèques et virements postaux a repris ses opérations le 2 janvier 1919. Depuis cette date, plusieurs réformes et innovations ont été réalisées.

Un arrêté portant la même date a introduit les cartes-récépissés (1). Elles présentent pour les affiliés du service l'avantage de pouvoir faire présenter au domicile de leurs débiteurs un bulletin de versement accompagné d'une carte-récépissé. Cette dernière est laissée entre les mains du débiteur qui a payé la somme due, laquelle somme est portée au crédit du créancier affilié au bureau des chèques. Il y a donc là une facilité nouvelle accordée aux clients.

Beaucoup plus importante est la mesure édictée par l'arrêté royal du 20 mai 1919, et rendant le service de virement gratuit.

Il en est de même de la réduction de la garantie de 50 à 25 francs (arrêté du 23 mars 1920).

Enfin, des innovations très importantes ont été réalisées en ce

(1) V. *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, n° 1, mars 1919, page 159.



qui concerne l'utilisation du chèque postal par les administrations publiques.

Un arrêté du 10 septembre 1919 prescrit à tous les fournisseurs de l'État, ainsi qu'aux sociétés subsidiées par lui, de se faire ouvrir un compte dans une banque ou au bureau des chèques postaux. L'arrêté du 23 mars 1920 a consacré, à ce point de vue, la réforme que nous demandions dans notre projet. Il prescrit que dorénavant tous les marchés, etc., relatifs aux fournitures à l'État dont la valeur dépasse 1.000 francs, contiendront une clause portant que les sommes dues par l'État seront inscrites au compte courant des fournisseurs. Ceux-ci devront avoir un compte à la Banque Nationale ou au bureau des chèques, à leur choix. Ils pourront aussi faire verser les sommes au compte de leurs mandataires ayant déjà un compte dans une de ces institutions. Pratiquement, cette dernière disposition a pour but de permettre aux intéressés ayant déjà un compte dans une banque de faire verser les sommes dues au crédit de cette banque et d'éviter de se faire ouvrir un nouveau compte.

Le même arrêté autorise tous ceux qui ont contracté avec l'État antérieurement à la mise en vigueur de l'arrêté de se faire payer par un virement à leur compte à la Banque Nationale, au bureau des chèques postaux ou dans une autre banque ayant elle-même un compte dans une de ces deux institutions.

PÉRIODIQUES EN LANGUES ÉTRANGÈRES

La télégraphie sans fil dirigée, par ondes courtes (1)

(D'après un article du « *Journal of the Institution of Electrical Engineers* », août 1922).

M. C. J. Franklin expose, au cours de cet article, les résultats d'expériences commencées en 1916 par le sénateur Marconi, poursuivies par lui. Ses travaux portent sur l'émission et la réception d'ondes très courtes ; des réflecteurs permettent de diriger les radiations. Cette méthode est aussi vieille que la T.S.F. (expé-

(1) Note remise par M. Hanff, Ingénieur des Postes et Télégraphes.

riences de Hertz, faites il y a 35 ans ; de Marconi, datant de 26 ans) ; mais en passant des expériences anciennes aux expériences nouvelles, les portées passent des *yards* aux *miles*. Ce progrès est dû principalement à l'emploi des lampes à 3 électrodes. — L'intérêt de ces recherches réside dans le fait que les transmissions par ondes dirigées constituent actuellement le seul mode de trafic par T.S.F. qui puisse permettre d'accroître encore le nombre des communications.

Les systèmes de T.S.F. dirigée peuvent être rangés en deux classes, suivant que la puissance émise dans chaque direction dépend ou ne dépend pas de leurs dimensions. Dans le premier cas, on oppose les unes aux autres plusieurs antennes ou parties d'antenne, les phases étant convenablement ajustées (cadre). Dans le deuxième cas, on ajoute au contraire les effets d'un certain nombre d'antennes ou parties d'antennes. La puissance émise dans chaque direction dépend alors du rapport des dimensions du système à la longueur d'onde, λ, émise. Les réflecteurs appartiennent à cette 2e catégorie. Pour que les appareils restent de dimensions acceptables, il faudra donc opérer avec des longueurs d'onde très petites. En fait, elles n'ont pas dépassé $\lambda = 20$ m. au cours des expériences décrites ici. On se heurte alors à deux difficultés : l'affaiblissement très élevé des ondes sur la terre et sur l'eau, et la difficulté de radier beaucoup de puissance.

1re série d'expériences : Elle eut lieu en Italie, en 1916. On opérait avec des longueurs d'onde de 2 et 3 mètres. Les radiations de haute fréquence émises par des moteurs à explosion peuvent seules brouiller une émission sur longueur d'onde aussi faible.

M. Marconi s'est servi d'un poste émetteur à étincelles éclatant dans l'air comprimé, et d'un poste récepteur à cristal. Les réflecteurs étaient constitués par des fils (accordés à la longueur d'onde employée), formant un cylindre parabolique ; l'antenne était placée suivant la ligne focale. Le réflecteur du poste transmetteur pouvait pivoter autour d'un axe. On étudiait les effets de cette rotation au poste récepteur. Les ondes réfléchies par le premier réflecteur étant des ondes planes d'intensité uniforme, ayant un front égal à l'ouverture du réflecteur, il n'est pas difficile de calculer le diagramme polaire de puissance émise dans le plan horizontal. Les mesures,

faites au poste récepteur ont montré que les courbes relevées expérimentalement avec des réflecteurs d'ouverture supérieure à 3,5 longueurs d'onde concordaient très bien avec les courbes théoriques. La portée utile était triplée par l'emploi de 2 réflecteurs, l'un au départ, l'autre à l'arrivée. Elle ne dépassait cependant pas 6 miles, à cause de l'affaiblissement sur terre et sur mer.

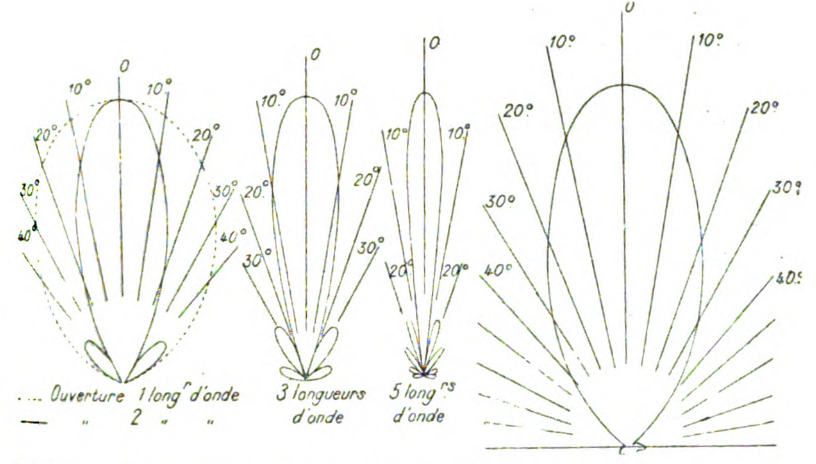
Expériences de Carnarvon.

Hauteur au-dessus du sol		Longueur d'onde	Portée atteinte	Observations
Transmetteur	Récepteur			
600	300 pieds	3 m 6.	plus de 20 mil.	Trajet rectiligne sans écran ni obstacles interposés.
600	0 «	3 «	7 miles	id.
0	0 «	3 «	4 miles	Audition beaucoup plus faible que dans le premier cas.

Deuxième série d'expériences : Elles eurent lieu à Carnarvon en 1917. Avec un seul réflecteur au poste émetteur, ayant une ouverture de 2 λ (λ = 3 m.), une hauteur de 1,5 λ, la portée utile atteinte dépassait 20 miles. Les expériences mirent en évidence le fait que le champ électrique croît rapidement avec le rapport de la hauteur au-dessus du sol à la longueur d'onde, la variation étant d'autant plus marquée que la longueur d'onde est plus petite (quelques mètres), et n'étant pas uniforme. A une hauteur de dix longueurs d'onde, le champ électrique est multiplié par 6 ou 7. Quand la hauteur au-dessus du sol est faible, la portée dépend dans une large mesure de l'aspect du paysage environnant, et se trouve être réduite, même sur mer. Les conclusions sont inverses quand cette hauteur est grande par rapport à la longueur d'onde.

Au cours de la discussion qui a suivi la lecture du rapport, M. Lefroy signale que la principale cause d'affaiblissement paraît être l'existence d'une surface de séparation entre deux milieux différents. On a en effet transmis sous l'eau, dans de bonnes conditions, des ondes de longueur d'onde inférieure à 1 mètre. M. Howe explique

l'affaiblissement par l'inclinaison du champ électrique sur la verticale ; M. Franklin reconnaît que l'on obtient généralement le champ maximum au voisinage de la surface en inclinant l'antenne, mais il conteste l'exactitude des explications de M. Howe en déclarant que l'intensité maxima ainsi obtenue a malgré tout une valeur bien inférieure à l'intensité trouvée à quelques longueurs d'onde au-dessus du sol.



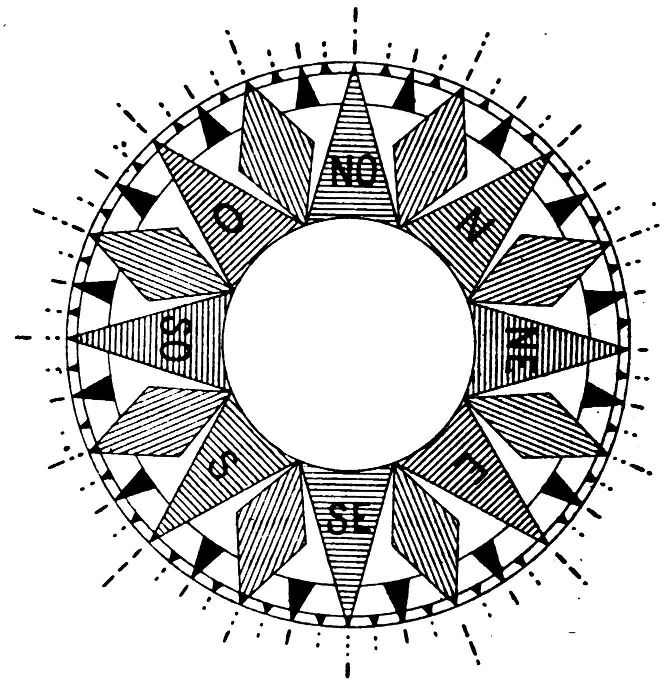
Courbes de puissance rayonnée par un réflecteur (courbes calculées).

Diagramme polaire de puissance rayonnée par le réflecteur de Hendon : 28 m. d'ouverture, 14,8 m. de longueur d'onde, mesure faite sur un cercle de 31 mètres de rayon.

Troisième série d'expériences (Carnarvon, 1919). On se proposait de réaliser une installation de téléphonie sans fil dirigée, en employant des lampes. Le poste transmetteur, à une lampe, émettait sur 15 m. de longueur d'onde et consommait 200 watts, donnant un courant de 1 ampère au centre d'une antenne vibrant en demi-onde. La réception se faisait en hétérodyne. Après avoir obtenu une audition très forte à 20 miles de là, malgré la présence d'obstacles au voisinage immédiat des postes, on rechercha la portée maxima utile. Sur mer, on put causer avec un bateau distant de 70 milles marins du poste émetteur. Il n'y avait donc pas d'affaiblissement rapide des ondes qui avaient franchi la ligne d'horizon. Sur terre, on eut de

très bonnes conversations jusqu'à 66 miles, des conversations très convenables entre Hendon et Birmingham (97 miles).

Après avoir donné quelques détails sur les postes de Hendon et Birmingham (2 lampes en parallèle, 700 watts de puissance aux lampes, 300 watts environ de puissance rayonnée ; très bonne audition avec 2 réflecteurs, le son étant tout juste audible quand le téléphone récepteur de 60 ohms est shunté par une résistance de 0,25 à 0,50 ohm), l'auteur signale que la puissance reçue est multipliée par un facteur voisin de 200 quand on emploie des réflecteurs, le champ électrique étant à peu près quadruplé au voisinage des stations d'émission et de réception. Il conclut de là que l'effet directeur se conserve sur toute la portée (ce fait n'a pas encore été vérifié expérimentalement, les diagrammes polaires de puissance rayonnée n'ayant été relevés qu'au voisinage des stations). On ne voit pas, d'ailleurs, pourquoi il en serait autrement, puisque l'hypothèse est vérifiée dans un cas particulier très simple : celui de 2 antennes parallèles,



Signaux de direction émis par le radiophare d'Inchkeith.

parcourues par des courants de phases opposées. Il ne peut y avoir d'audition dans une direction perpendiculaire à la ligne des antennes.

On a pu duplexer une pareille transmission. L'émission et la réception d'un même poste emploient la même antenne, sans l'intervention d'aucun commutateur. L'intensité d'audition reste la même à la réception quand le poste émet dans le même temps qu'il reçoit.

Enfin, la transmission par réflecteurs ne déforme pas la voix. On suppose en effet que les déformations sont dues à l'interférence d'ondes directes et d'ondes réfléchies, arrivant à la station de réception suivant des directions différentes. Cette explication est évidemment sommaire, mais les faits sont là pour montrer que la voix est transmise très correctement.

Application à la navigation au voisinage de points dangereux : Assimilant le poste émetteur à un radiophare, on lui fait émettre par temps de brouillard des signaux pouvant permettre à un bateau de repérer sa position quand il navigue dans un rayon de 10 milles marins autour du point dangereux. Avec un poste à étincelles, émettant sur 4 m. de longueur d'onde, un réflecteur de 8 m. d'ouverture et un poste récepteur à 1 lampe sur le bateau, on atteignit 7 miles. A la base du réflecteur tournant, des segments de contact permettent l'envoi d'un signal distinct dans tous les 1/2 ou tous les 1/4 de quart de la boussole. (Une lettre, caractéristique de la direction du signal, est émise tous les deux quarts; des signaux brefs définissent la position des quarts et les 1/2 quarts intermédiaires.) L'opérateur, qui reçoit ces émissions dirigées, ne les perçoit que pendant un temps court (4 secondes, à limite de la portée, avec 4 m. de longueur d'onde, le réflecteur faisant un tour par minute). Il note quelques signaux brefs et une ou deux lettres, entre le moment où il commence à entendre, et celui où il n'entend plus. Il lui est alors facile de déterminer son gisement en cherchant sur la rose des vents ci-jointe, les signaux qu'il a entendus, et prenant la bissectrice des directions extrêmes. On atteint une précision du 1/4 de quart (2,8 degrés). D'autres méthodes d'émission des signaux permettraient sans doute d'obtenir une précision plus grande, mais la méthode décrite entraîne la dépense minima en matériel.

La discussion fait ressortir les grands avantages que présente cette méthode de signalisation sur les méthodes actuellement employées par temps de brouillard, ou par mauvais temps : signalisation acoustique, gênée par le vent et les zones de silence ; signalisation par T.S.F. (appel des stations côtières par le bateau, et détermination de la position par recoupements), qui ne permet pas les déterminations rapides, se suivant, par exemple, de minute en minute. La méthode pourrait utilement donner lieu à une réglementation internationale, fixant les unités d'angle à employer, la direction O (nord vrai ou nord magnétique), la signification des lettres émises.

Les émissions dirigées sur ondes courtes permettent aussi de fixer la direction d'un chenal. Le réflecteur n'a pas besoin de tourner ; on peut donc lui donner des dimensions très grandes par rapport à la longueur d'onde ; on augmente ainsi la précision dans l'indication de la direction. Il serait avantageux de flanquer l'émission centrale de 2 émissions parallèles, transmettant des signaux différents. Le bateau pourrait ainsi savoir de quel côté il s'écarte de sa route.

Autres applications. — La transmission Hendon-Birmingham démontre qu'il est parfaitement possible d'assurer un service commercial entre 2 points donnés, même très distants l'un de l'autre, avec des longueurs d'onde de l'ordre de 20 m. Si l'on compare cette transmission à la transmission non dirigée, elle paraîtra relativement secrète. M. E. Taylor croit que le secret sera suffisamment assuré pour que l'on puisse réaliser de cette manière la liaison entre petites villes et villages ; il faudra d'abord construire des appareils simples; il faudra ensuite diminuer la puissance nécessaire au bon fonctionnement des communications. Cela ne paraît pas impossible.

M. Lefroy prévoit l'application de ce mode de transmission aux communications entre aéronefs.

Remarque sur la forme des réflecteurs. — Cette question donne lieu à un intéressant exposé de M. Carpenter. Cet auteur propose l'emploi de réflecteurs en forme de paraboloïdes de révolution ; l'antenne ne pourrait être placée exactement au foyer, mais ce n'est pas là une difficulté insurmontable. On obtiendrait ainsi un « faisceau » très approximativement « parallèle ». Avec une antenne placée le

long de l'axe du réflecteur, on peut s'attendre à trouver la force électrique polarisée radialement dans l'onde réfléchie. Un pareil dispositif permettrait en particulier l'étude de l'affaiblissement au voisinage du sol. En combinant en effet deux de ces oscillateurs dipoles, placés à angles droits, et excités en quadrature, on produirait un champ tournant. La composante du champ due à l'oscillateur horizontal serait bien plus absorbée que celle due à l'oscillateur vertical, de sorte qu'à quelque distance, on ne trouverait plus qu'une onde plane polarisée. M. Franklin, dans sa réponse, indique que le dispositif précédent a été réalisé, et que l'on a bien trouvé expérimentalement les résultats énoncés par la théorie. Avec un poste émetteur à lampes ($\lambda = 2$ m.), on a constaté que la portée de l'onde à champ électrique horizontal était de l'ordre de 1/10 de la portée de l'onde à champ électrique vertical, lorsque le poste émetteur et le poste récepteur étaient tous deux installés à une longueur d'onde environ au-dessus du sol.

Enfin, un récepteur couplé à 2 antennes orthogonales l'une à l'autre a permis de distinguer parfaitement (après ajustement des phases) un champ tournant dans le sens des aiguilles d'une montre d'un champ tournant en sens contraire.

L'emploi des tubes à vide de grande puissance (*The Electrician*, décembre 1922). — Dans une récente communication à *The Electrician :* le Dr Irving Langmuir dit :

Les récents essais de Rocky-Point (Long Island) où des tubes de 20 kW ont été employés comme source de courant à haute fréquence, ont démontré l'emploi pratique des tubes à vide pour assurer des communications à grande distance. L'antenne en usage à cette station est du type multiple, préconisé par Alexanderson ; l'énergie à haute fréquence lui était fournie par six tubes de 20 kW montés en parallèle. Durant un essai de seize heures, il a été possible et de communiquer dans les deux sens avec Nauen (Allemagne). Par l'emploi de vides très poussés et par une fabrication appropriée, l'ionisation due aux gaz résiduels est abaissée à une valeur négligeable. Dans cette voie, il est possible de développer les pliotrons en vue des transmissions à effectuer.

Lorsqu'on désire utiliser des tubes de grande puissance, la grosse difficulté réside dans la fabrication de grandes anodes — ou plaques — ayant des dimensions suffisantes pour dissiper, par rayonnement, la chaleur dégagée ; le refroidissement de la plaque par circulation d'eau est ici obligatoire ; pour cela, le tube est à double paroi.

L'anode, au lieu d'être enfermée dans le tube, est placée à la partie inférieure de l'enveloppe ; ceci introduit de nouveaux problèmes, car il est nécessaire de faire des joints parfaitement étanches entre l'anode cylindrique de grand diamètre et le tube de verre à travers lequel les connexions sont établies. En outre, de nouveaux problèmes se posent du fait qu'il faut maintenir un vide suffisamment élevé dans un récipient métallique dans lequel une grande quantité d'énergie sera dissipée.

Ce tube de 20 kW a été fabriqué en grandes quantités. Il se compose d'un cylindre de cuivre de 4,83 centimètres de diamètre extérieur et de 20,32 de long à la partie inférieure. Un gros tube de verre de 6,98 cm. de diamètre constitue la partie supérieure. Les deux parties sont réunies au moyen d'un scellement constitué par une partie conique de métal mince, faite d'acier au nickel recouvert de cuivre, ce joint étant équivalent aux joints de platine qui devraient être employés malgré leur prix très élevé. Le tube de verre a une longueur de 25,4 cm. ; il supporte et isole le filament de la grille et de la plaque. La cathode — ou filament — est formée par une petite tige de tungstène de 1,016 cm. de diamètre en forme de W supportée par une solide baguette de tungstène. Ce filament consomme 1 kW (50 ampères sous 20 volts). La plaque travaille sous la tension continue de 15.000 volts par rapport au filament. La partie externe de la plaque est directement en contact avec l'eau de refroidissement ; la dépense est de 9 à 13,6 litres par minute. Cette réfrigération de la plaque aide grandement à réduire l'effet de la charge spatiale, laquelle limite l'efficacité des tubes électroniques; aussi ces tubes de 20 kW ont un rendement beaucoup plus élevé que les tubes moins puissants à anode de molybdène. Pour une puissance unitaire de 20 kW-antenne, le tube a un rendement de 70 °/₀. Ce n'est pas du tout le rendement-limite de ces tubes, car l'emploi de fréquences plus basses accroîtra considérablement ce rendement.

Dispositif d'essai. — Le schéma ci-joint montre le détail des essais. La puissance primaire est fournie par un réseau triphasé à 22.000 volts, 60 périodes. Chaque phase est mise à la terre à travers une inductance ; une dérivation alimente les plaques des kénotrons, à refroidissement artificiel, destinés à fournir la tension continue nécessaire aux pliotrons. La construction des kénotrons est identique à celles des tubes de 20 kW, seule la grille est supprimée. Leurs filaments sont alimentés par un transformateur spécial branché sur le réseau 110 volts, 60 périodes. Dansl'essai de Rocky-Point, trois kénotrons redressaient le courant alternatif. Comme ce courant redressé est encore légèrement ondulé, les capacités C_1 (voy. figure), et la bobine de choc L_1 de

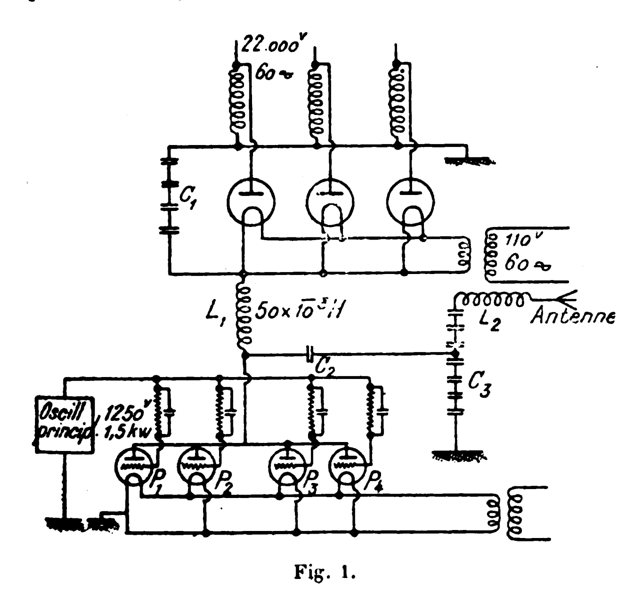


Fig. 1.

50 × 10_{-3} H, l'étalent suffisamment pour en permettre l'emploi. La tension continue ainsi obtenue était alors de 10 à 15.000 volts, qui étaient appliqués sur les plaques des six tubes montés en parallèle. Les grilles étaient excitées par un oscillateur principal donnant environ 1.250 volts et pouvant développer une puissance de 1,5 kW. Les grilles étaient montées en parallèle ; dans leurs circuits était branché un condensateur shunté par une forte résistance. La connexion de l'antenne au circuit de plaque était

faite au moyen du condensateur C_2 (ce qui évitait de mettre sous tension l'antenne), relié au circuit d'antenne par les capacités C^3, connectant l'antenne à la terre. Enfin, l'inductance d'antenne L_2 servait à accorder l'antenne qui était du type multiple imaginé par Alexanderson.

De grands tubes, de plus de 20 kW, sont en construction. Un de 100 kW, à peu près du même type, est actuellement étudié par W. C. White et H. J. Nolte : il aura un rendement plus élevé.

Détails du magnétron. — Un type de tube à vide tout à fait différent et utilisant le principe du contrôle magnétique proposé par le Dr A.-W. Hull et appelé « magnétron », a été construit par J.-H. Payne. Ce tube consiste essentiellement en une anode refroidie de forme cylindrique, de 76,2 cm. de long et de 5 cm. de diamètre. Dans l'axe de l'anode, un filament de tungstène est alimenté par un courant de 1.800 ampères à 10.000 périodes ; il consomme 20 kW. Le champ magnétique produit par ce gros courant de chauffage est suffisant pour interrompre le passage du courant électronique allant de la cathode à l'anode, durant une portion de la demi-période du passage du courant à travers la cathode ; cette action est comparable au rôle que joue la grille dans un tube à trois électrodes. Le courant électronique allant vers la cathode est de la sorte interrompu 20.000 fois par seconde. En utilisant des circuits convenablement accordés, ce tube peut être utilisé pour la production des courants à haute fréquence ou pour d'autres applications. Le type de 1.000 kW à 20.000 périodes a un rendement de 70 °/o ; il fonctionne avec une tension de plaque de 20.000 volts.

La nécessité d'avoir de hauts rendements. — Pour la radiotélégraphie, des rendements de 70 à 80 °/o sont très satisfaisants, mais pour d'autres besoins techniques le rendement n'est pas aussi élevé qu'il serait désirable.

Les pertes sont dues à deux causes principales : l'effet de la charge spatiale et le chauffage du filament. En employant des tensions de plaque élevées, ou par tout autre procédé, il est possible de réduire la perte spatiale d'une façon très sensible.

La perte d'énergie occasionnée par le chauffage du filament peut être réduite à 1/10 ou même à moins de 1/20 de celle qui se produit

lorsque le filament est en tungstène pur, en utilisant un filament de tungstène au thorium, dans des conditions très spéciales qui ont été l'objet d'études durant ces dernières années.

L'avantage du filament au tungstène-thorium est dû à la présence d'une pellicule très mince de thorium métallique *adsorbée* (1) à la surface du filament, cette pellicule étant constituée par une couche unique d'atomes. Au fur et à mesure que le thorium s'évapore de la surface, il est remplacé par la diffusion du métal de l'intérieur du filament : une sorte de courant d'atomes s'établit dans le métal. Pour utiliser cet effet, un degré de vide, spécialement très poussé, est nécessaire pour éviter la présence de gaz qui oxyderaient la mince pellicule de thorium ou même se combineraient à elle. Dans ce but, on a utilisé les vapeurs de divers métaux réducteurs (magnésium, potassium ou des dérivés du potassium contenant du carbone). De très intéressants résultats ont été obtenus en adoptant ce filamen de thorium pour les tubes de grande puissance. Actuellement la nécessité de se procurer ces cathodes à grand rendement n'est pas très urgente ; mais si besoin est, il sera possible, non seulement de réduire à une petite fraction l'énergie nécessaire à l'excitation du filament, mais en même temps la vie de la cathode pourra être énormément prolongée, de sorte que les applications pratiques des tubes électroniques à grande puissance ne seront certainement pas limitées par une vie trop courte.

Ces développements viendront graduellement car la construction pratique de tubes à grande puissance fonctionnant d'une manière

---

(1) L'*adsorption* qu'il ne faut pas confondre avec l'*absorption* est caractérisée chaque fois qu'une substance gazeuse ou dissoute va se fixer sur une autre substance solide sans qu'il y ait ni réaction chimique, ni dissolution proprement dite. Cette propriété est d'autant plus grande que la pression est plus élevée, la température plus basse et que le corps solide offre une très grande surface de contact.

Si, par exemple, dans une éprouvette pleine de gaz sulfureux, l'on place un morceau de charbon, celui-ci « adsorbe » l'acide sulfureux, aucune formation de corps nouveau n'est décelable, il n'y a pas eu dissolution, car le charbon est toujours à l'état solide. Il a été fait application de ce phénomène pendant la guerre pour arrêter les produits toxiques dans les filtres des masques à gaz. La teinturerie surtout en fait usage sur une très grande échelle : par exemple, la soie a une adsorption sélective très marquée pour la rosaniline.



tout à fait satisfaisante exige de grands travaux de laboratoire. Il serait téméraire, toutefois, de prédire où s'arrêtera l'emploi des tubes à vide de grande puissance.

Un petit conte de T. S. F. (Elihu Thompson, *The Electrician*, 11 août 1922). — Lorsque vers 1896 Marconi imagina son système de T.S.F., la plupart des savants et physiciens de l'époque, pensèrent tout d'abord qu'il consistait simplement dans la transmission des ondes hertziennes, que le Dr. Cornelius Hertz avait étudiées de si remarquable façon dix ans plus tôt. Si tel était vraiment le cas, la transmission devait nécessairement se faire en ligne droite à partir de l'oscillateur ; donc, les ondes hertziennes ne pouvaient absolument pas suivre la courbure de la surface terrestre, mais devaient quitter celle-ci comme si elles étaient des rayons lumineux ; autre cas d'ondes électromagnétiques se déplaçant en ligne droite.

Toutefois, certains d'entre nous, tenant compte de la mise à la terre du pied de l'antenne, reconnaissaient le fait que dans le système Marconi, on ne transmettait pas des véritables ondes hertziennes, mais seulement des demi-ondes ; par suite, l'oscillateur Marconi (ou l'antenne Marconi) n'est qu'un demi-oscillateur seulement. Il en résultait que les ondes étaient en réalité attachées à la surface terrestre et guidées par elle, et plus particulièrement par la surface des océans, meilleure conductrice que la terre proprement dite. Il en résultait encore qu'il devait y avoir dans la mer et sur le sol des courants électriques accompagnant les demi-ondes hertziennes, ainsi que des champs magnétiques contrariant les courants dans l'espace au-dessus de la surface de la terre.

Quelques années plus tard, lorsqu'on annonça que Marconi avait reçu à travers l'Atlantique plusieurs signaux, en utilisant un cerf-volant dont la corde constituait une antenne mise à la terre, nombreux furent ceux qui doutèrent de la réalité du fait, qui regardèrent Marconi comme un fakir ou tout au moins comme quelqu'un qui faisait erreur. Parmi ceux qui émirent des doutes, on remarquait plusieurs savants et ingénieurs réputés. De là l'idée que si les ondes sont vraiment des ondes hertziennes et se propagent en ligne droite,

il est matériellement impossible qu'elles suivent la surface du globe en franchissant une montagne d'eau, haute de presque deux cents milles, ce qu'elles devraient faire pour franchir l'océan assez près de la surface du globe pour être détectées. Or, il fut bientôt démontré : que Marconi avait raison ; que les signaux suivaient bien la courbure de la terre ; donc, ces savants qui n'avaient pas su reconnaître (certains même ne paraissent pas l'avoir encore reconnu) qu'il y a une différence fondamentale entre les ondes de T.S.F. et les ondes véritablement hertziennes (différence qui porte à la fois sur leur production et sur leur propagation), ces savants, disons-nous, se trompaient : ce n'était pas Marconi qui se trompait.

Il se passa alors quelque chose de singulier. Placés en présence des faits expérimentaux, ils firent une supposition pure et simple, qui fut malheureusement admise et qui l'est encore aujourd'hui, à savoir qu'il existait une sorte de miroir électrique formé de gaz ionisés ou de gaz conducteurs, miroir situé à 50 ou 60 milles dans l'atmosphère et dont la surface inférieure était assez nettement délimitée pour réfléchir les ondes sans les diffuser ni les mélanger, et pour les renvoyer vers la terre grâce à une série de réflexions en partant d'en haut. J'imagine que quiconque voulant réfléchir un instant sur les conditions d'un pareil phénomène physique, pourra prédire que semblable hypothèse est non seulement inutile, mais encore qu'elle entraîne l'imagination trop loin et qu'elle ne répond à aucun fait réel ; pour fonctionner comme d'aucuns le prétendent, ce miroir électrique devrait avoir une surface pour ainsi dire métallique, présentant une parfaite régularité et d'une nature telle que le front des ondes ne puisse y pénétrer assez profondément sans être immédiatement réfléchi. Il faudrait que sa surface soit parfaitement unie, sans la moindre ondulation ; il faudrait qu'il réfléchisse les ondes de manière à ce qu'elles n'interfèrent pas avec celles qui sont transmises plus directement, et à maintenir les ondes en phase. En un mot, il faudrait que ce soit, pour ainsi dire, une gigantesque voûte acoustique donnée par la Nature pour réfléchir les ondes électriques.

L'hypothèse en soi (à supposer qu'on en puisse prouver la nécessité ou la vérité probable, avec les réserves s'imposant) suffirait à justifier les nombreux calculs mathématiques fort compliqués effec-

tués par des savants habiles ; mais, si une hypothèse n'est ni nécessaire ni vraie, son étude mathématique ne prouve rien. Les calculs peuvent être parfaitement valables, mais ils ne rendent pas valable l'hypothèse elle-même. Raisonner sur des prémisses fausses, soit mathématiquement soit autrement, ne rend pas les conclusions valables.

Les ondes suivent la surface du globe. — D'après la théorie des *ondes glissantes* connue depuis longtemps déjà, il n'y a jamais eu et il ne devrait y avoir le moindre doute quant à l'acheminement des ondes Marconi (demi-ondes hertziennes) : elles suivent la courbure du globe terrestre ; elles s'y appuient, elles y sont pour ainsi dire attachées. L'expérience montre que, sur mer, la transmission est bien meilleure que sur terre. Les essais de radiogoniométrie prouvent que la direction de la transmission favorise la mer. L'expérience prouve que lorsqu'il a plu entre deux stations qui communiquent entre elles, la transmission est sensiblement améliorée, et qu'elle devient graduellement moins bonne au fur et à mesure que le sol devient sec par évaporation lente. On sait qu'une bonne terre ou un vaste contrepoids au poste d'émission favorise beaucoup l'émission des ondes. La supposition suivant laquelle les ondes émises à la surface de la terre tendraient à la suivre de très près, à s'y cramponner, à s'y accrocher pour ainsi dire, cette supposition est conforme aux résultats obtenus avec des antennes aériennes, des antennes enterrées, des bobines ou des cadres utilisés comme antennes.

Une couche supérieure conductrice n'explique rien. — On n'a jamais eu besoin d'admettre l'existence d'une couche supérieure conductrice, d'une nature telle qu'elle réfléchisse les ondes sans les mélanger ni les diffuser, et il est très regrettable qu'une telle hypothèse ait été admise par des savants de renom et continue de l'être, alors qu'il n'aurait jamais dû en être ainsi. Le crédit accordé à cette hypothèse gratuite n'est nullement justifié.

Le point de vue que j'ai exposé dans un mémoire intitulé « Wireless Transmission of Energy », publié dans les comptes rendus de l'Institut Smithsonien (année 1913, pages 243 à 260), s'est toujours trouvé confirmé depuis lors par la pratique. Ce point de vue était l'expression de l'opinion d'un groupe de techniciens qui, dès le

début, avaient reconnu la fausseté de l'hypothèse relative à l'existence d'une couche supérieure réfléchissante.

Les possibilités de développement de la téléphonie sans fil (*The Electrician*, août 1922). — La Sous-commission de radiotéléphonie du Radio Research Board, chargée d'étudier les problèmes relatifs à la téléphonie sans fil officielle ou privée, vient de terminer son rapport. Il produira plutôt l'effet d'une douche glacée pour tous ceux qui voulaient nous persuader que dans un jour ou deux nous pourrions obtenir, aussi facilement sans fil qu'avec fil, une communication téléphonique. D'un autre côté, pour les initiés, le contenu du rapport ne constituera pas une surprise, et même il formera une base utile pour les travaux ultérieurs.

La sous-commission [dont les membres étaient l'amiral Sir H.-B. Jackson (président), le professeur C.-L. Fortescue, le professeur G.-W.-O. Howe et le major A.-G. Lee] a tenu huit séances au cours desquelles elle a recueilli les dépositions des délégués de de la Cie Marconi, de la Radio Communication Cy ainsi que de la Marine et de la Guerre.

Les conclusions suivantes ont été adoptées :

a) Le développement de la téléphonie sans fil à longue distance est encore dans l'enfance et on ne voit pas comment il sera possible de l'asseoir sur une base commerciale dans un avenir plus ou moins prochain.

b) Pour des portées de l'ordre de 1.600 km., dans certaines localités éloignées, où les phénomènes d'interférence occasionnés par les atmosphériques ou par d'autres communications sans fil sont peu importants, il serait possible d'organiser un service radiotéléphonique non secret en utilisant des ondes d'une longueur comparable à celles des ondes employées par les postes de T. S. F. de moyenne puissance communiquant sur une même distance.

c) Pour les distances de l'ordre de 320 km., la situation est encore plus favorable, et les études poursuivies actuellement permettront de trouver, avant longtemps, un système de radiotéléphonie qui se rapprochera sensiblement des exigences d'un service commercial.

d) On ne peut recommander l'emploi de la téléphonie sans fil



pour remplacer l'un quelconque des autres systèmes de communication télégraphique, sauf dans les cas où on ne saurait trouver un moyen plus économique, par exemple lorsqu'une station émettrice coûteuse transmet des renseignements généraux à un grand nombre de postes récepteurs simples et peu coûteux, la téléphonie sans fil commerciale serait alors vraiment pratique surtout dans les localités où les lignes aériennes sont peu nombreuses.

Tous les spécialistes consultés sont tombés d'accord pour reconnaître que la transmission d'un message à une distance quelconque —longue ou courte — serait moins avantageuse par radiotéléphonie que par T. S. F., au triple point de vue de l'exactitude, de la vitesse et des frais entraînés, et qu'il y avait de fortes chances pour qu'il en soit longtemps ainsi. Ils ont également reconnu que la netteté des meilleures installations radiotéléphoniques connues pouvait rivaliser avec celle constatée normalement sur les circuits interurbains, mais qu'il était nécessaire de répéter ou d'épeler les mots peu usuels, les noms propres et de collationner les chiffres. En conséquence, la sous-commission considère que les rayons d'utilité pratique des deux systèmes sont distincts et aussi nettement tranchés qu'entre la téléphonie et la télégraphie par fil.

On lit dans le rapport que pour être satisfaisante une installation radiotéléphonique doit répondre aux mêmes conditions qu'un système par conducteurs. La netteté doit être au moins aussi bonne, et on doit pouvoir recourir à une énergie assez grande pour triompher des phénomènes d'interférence occasionnés par les autres communications ou par les atmosphériques. En même temps, la somme d'énergie ne doit pas être trop considérable au point d'entraîner des frais d'exploitation et d'entretien par trop élevés. Les troubles par interférence dus aux atmosphériques varient beaucoup suivant le lieu et la saison ; dans certaines régions, le service peut être interrompu de ce fait pendant des heures et des jours, même lorsque l'énergie appliquée au départ est considérable. De plus, un certain degré de secret doit être garanti. L'idéal serait évidemment un secret absolu ; un service pourra être considéré comme satisfaisant à ce point de vue, si l'interception d'une communication exige des appareils compliqués, coûteux et d'un réglage difficile.

Les membres de la sous-commission pensent que la possibilité d'établir des communications commerciales à de très longues distances (de l'ordre de 5.000 km.) n'est pas à envisager pour l'instant. Les spécialistes ne sont pas d'accord quant aux sommes d'énergie à utiliser au départ pour assurer un pareil service, mais ils estiment qu'elle devrait être de 3 à 20 fois aussi considérable que celle nécessaire pour assurer des communications radiotélégraphiques sur ces mêmes distances. La taxe pour une communication atteindrait un prix fabuleux. Actuellement, on ne dispose d'aucun moyen pour assurer le secret des communications à de pareilles distances. L'interférence avec d'autres communications sans fil serait supérieure à celle produite entre deux stations radiotélégraphiques également éloignées et fonctionnant avec des ondes entretenues, et cela surtout à cause de la grande énergie utilisée à la transmission. Une communication radiotéléphonique serait beaucoup plus exposée aux perturbations dues aux atmosphériques ou aux autres postes émetteurs que ne le serait une liaison radiotélégraphique pour une même distance. En ce qui concerne les distances moyennes, la sous-commission considère que les difficultés sont les mêmes que pour les grandes distances.

Pour les distances courtes, le rapport fait état des expériences poursuivies actuellement par la compagnie Marconi relativement à un système semi-secret qui permettrait d'assurer bientôt un service commercial par téléphonie sans fil, sur mer, à des distances pouvant atteindre 300 km. environ. Certains essais effectués sur terre à une distance de 144 km. auraient donné des résultats encourageants. Toutefois, aucun de ces systèmes n'a encore fonctionné sur une base réellement commerciale.

La sous-commission considère que les conditions indispensables au fonctionnement d'un service commercial sur de faibles distances sont actuellement satisfaites dans la mesure suivante :

a) La netteté est sensiblement aussi bonne que sur les lignes terrestres de même longueur.

b) Il semble probable que, dans la plupart des localités, on pourrait assurer un service régulier pendant les 24 heures.

c) Les perturbations occasionnées par les atmosphériques, et,



dans les conditions actuelles, les troubles par interférence dus aux autres postes ou causés à ceux-ci, sont beaucoup moins gênants étant donnée la courte longueur des ondes employées ; par conséquent, il est probable que l'écoulement du trafic n'aura pas trop à souffrir de ces perturbations ; d'ailleurs, l'énergie nécessaire à la transmission n'est pas excessive.

d) L'usage des ondes courtes rend plus difficile la réception non autorisée des communications; toutefois, on peut surprendre les conversations au moyen d'appareils spéciaux. Pour les transmissions d'amateurs (sport waves), il faut des installations spéciales ; la transmission peut être « dirigée » ou sensiblement telle, c'est-à-dire: que les ondes peuvent être rendues plus puissantes sur la ligne fictive reliant entre eux le poste émetteur et le poste récepteur que dans les régions voisines ; la zone d'écoute non autorisée se trouve ainsi réduite. Quelle que soit la distance entre postes, avec n'importe quel système, l'emploi d'ondes différentes pour la transmission et la réception à une station donnée, rend presque impossible la surprise par un tiers des conversations échangées.

e) Il n'existe pas de sérieuses difficultés pour connecter une liaison radiotéléphonique à une ligne interurbaine ordinaire ; en ce qui concerne les abonnés, ils communiquent entre eux exactement dans la forme habituelle, c'est-à-dire qu'il n'est pas besoin d'installer des organes spéciaux chez les abonnés et qu'ils n'ont à manœuvrer aucun commutateur au cours de la conversation.

La radio d'information aux États-Unis subit un temps d'arrêt (*Radio News*, décembre 1922). — Depuis quelques mois, on entend fréquemment poser cette question : Qu'arrive-t-il donc à la radiotéléphonie d'information ? Après l'emballement sans précédent constaté pendant l'hiver dernier, le mouvement s'est soudain ralenti de façon alarmante, et sans raison apparente. Le public s'est-il subitement lassé, ou aux Etats-Unis a-t-on vendu le maximum de postes récepteurs qu'on pouvait espérer ? La réponse est assez longue :

Ce n'est que dans un rayon de 10 ou 20 km. autour des stations émettrices que la radiotéléphonie d'information a remporté un suc-

cès marqué. Il semblerait qu'on ait atteint le point de saturation en ce qui concerne les grandes villes.

On est en face d'un problème commercial qui se résume en ceci : Trouver le nombre de personnes, habitant dans un rayon de 20 à 50 km autour d'une puissante station émettrice privée, qui ont les moyens d'acheter un poste de réception. Dès qu'on s'éloigne de la station émettrice de plus de 50 km, les chances d'avoir de nombreux postes récepteurs diminuent graduellement. La raison est évidente : dans un rayon de 50 km, un appareil à cristal conviendra parfaitement. Les détecteurs à cristal se vendent à un prix raisonnable. Seuls les gens qui ont les moyens peuvent se procurer un poste à lampes ; celui-ci étant meilleur que le récepteur à cristal se vend évidemment plus cher ; il est d'ailleurs beaucoup plus compliqué. Le problème n'est donc qu'une question de dollars et de cents. Le cultivateur, dont la ferme se trouve à 100 ou 200 km de la station émettrice, n'est pas disposé à dépenser 100 ou 200 dollars pour acquérir un poste récepteur, sauf s'il est aussi un amateur ou un homme de progrès Il ne demanderait pas mieux que l'acheter un récepteur à cristal, mais il sait fort bien que celui-ci ne convient pas à pareille distance.

Voilà pourquoi plus de la moitié de la population des États-Unis est privée aujourd'hui des distractions procurées par les services radioélectriques d'informations : les régions agricoles sont trop éloignées des grands centres, et les fermiers ne peuvent pour plusieurs raisons, acheter des appareils à lampes trop coûteux. Ceci n'est pas une hypothèse gratuite. Bon nombre de fermiers et de petits commerçants de la province se refusent à dépenser à l'heure actuelle plus de 25 dollars pour une installation. Il est possible que les choses changent dans un temps plus ou moins éloigné, lorsque les régions agricoles seront mieux informées, mais, pour l'instant, agriculteurs et fermiers sont irréductibles.

Deux opinions sur l'emploi de la T.S.F. aux armées (*Telegr. and Teleph. Journal*, décembre 1922). — Prenant la parole devant les cadets de l'Académie militaire royale de Woolwich, lord Cavan, chef d'État-major général, faisait récemment

allusion au grand nombre de soldats anglais tués pendant la dernière guerre au cours des travaux de pose des câbles téléphoniques enterrés ; il ajoutait que le Conseil supérieur de l'Armée britannique avait décidé que dorénavant il n'y aurait plus de liaisons *par fil* entre la « division » et les premières lignes du front, d'où la nécessité pour les jeunes officiers de se familiariser avec la T.S.F.

Or, une personnalité également compétente déclarait dernièrement que « lors de la prochaine guerre, l'emploi de la T. S. F. se sera développé partout au point qu'il sera pratiquement impossible d'établir des communications sans fil. En effet, les adversaires s'emploieront, chacun de leur côté, à provoquer des brouillages : ceci tuera cela. Il faut donc travailler avec ardeur au perfectionnement des câbles téléphoniques ».

Le pouvoir rayonnant des cadres (*P. O. Electr. Engin. Journal*, janvier 1923). — On sait que les cadres servent à la transmission et à la réception des ondes hertziennes ; Dellinger a étudié à fond le pouvoir rayonnant des cadres fermés. Toutefois, il est intéressant de faire connaître les résultats obtenus récemment aux stations de Stonehaven et de Northolt.

A Stonehaven, le cadre circulaire monté sur un axe vertical était formé de 36 spires ; son diamètre était de 45 cm. Le circuit d'antenne étant supprimé, en appliquant au cadre un courant à haute fréquence de 35 ampères, on obtenait des signaux parfaitement lisibles à 23 kilomètres. Le cadre circulaire de Northolt, monté sur un axe vertical et formé de 42 spires, avait un diamètre de 1 m. 80. Le circuit d'antenne étant déconnecté, on excitait le cadre avec un courant à haute fréquence de 36 ampères ; à 16 kilomètres, les signaux reçus étaient suffisamment intenses pour être entendus dans tout le poste.

Le premier central téléphonique automatique « à relais » mis en service en Angleterre (*Telegr. and Teleph. Journal*, novembre 1922). — Qu'ils soient manuels ou automatiques, tous les systèmes téléphoniques modernes utilisent un grand nombre de petits « relais » électro-magnétiques pour commander les divers

circuits; mais le système installé à Fleetwood présente ceci de particulier qu'il ne comprend aucun commutateur mécanique ni aucun renvoi de commande tournant en permanence comme c'est le cas pour d'autres systèmes automatiques. Le système de Fleetwood mérite donc bien son nom de système à « relais » puisque seuls ceux-ci entrent en jeu pour établir et interrompre les communications demandées par les abonnés. L'installation fonctionne sans le moindre bruit : les organes mobiles sont très légers ; leur parcours est tellement réduit qu'on dirait que l'installation est au repos alors qu'elle fonctionne normalement. C'est le premier central du genre qui soit appelé à assurer un service public en Angleterre ; il peut desservir 920 abonnés.

Le câble téléphonique Philadelphie-Pittsburgh (J.-J. Pilliod, *Telephony*, octobre 1922). — Le câble téléphonique « Philadelphie-Pittsburgh » (section de la ligne New York-Chicago) a été mis en service en octobre 1922; sa longueur est de 302 miles (485 kilomètres); il est aérien dans la campagne et souterrain dans les traversées des localités de quelque importance. Le câble porteur est un toron de fils d'acier d'une charge de rupture de 8.000 kg. ; il est suspendu par des mâchoires à des poteaux distants de 30 mètres ; le câble téléphonique est accroché à ce porteur au moyen de bagues en acier.

Le câble téléphonique comprend 139 doubles paires combinables formant un total de 417 circuits combinants et combinés ; en raison de l'emploi de circuits à quatre fils pour réaliser les liaisons de grande longueur, 300 communications simultanées seront desservies par le câble. Le diamètre des fils est de 1 mm. 291 pour 19 doubles paires, est de 0 mm. 899 pour les 120 autres doubles paires. Les bobines Pupin sont espacées de 1.800 mètres ; leur inductance varie avec les divers circuits suivant qu'ils sont chargés « medium » ou « fort ». Suivant la distance également, on emploie des circuits à deux fils munis de relais réversibles, ou des circuits à quatre fils munis de relais non réversibles. Il est intéressant de signaler qu'on a pu constituer des circuits New York-Pittsburgh par la jonction, à Philadelphie, des circuits du nouveau câble à ceux du câble New

York-Philadelphie. Ces circuits, d'une longueur de 624 kilomètres, sont à quatre fils de 0 mm. 899, de pupinisation moyenne ; ils sont munis de relais non réversibles, à Philadelphie, Harrisburg, Bedford et d'amplificateurs aux deux extrémités.

Erreurs de numéros souvent dues à la prononciation défectueuse des abonnés (*Telegraph and Telephone Journal*, septembre 1922). — Les erreurs de numéros sont souvent dues à la mauvaise qualité des appareils des abonnés, mais aussi fréquemment à une prononciation trop rapide, insuffisamment nette. On sait que la téléphoniste répète le numéro d'appel qu'on lui demande ; il est donc permis de remarquer que si les abonnés faisaient plus attention à cette répétition, il se produirait beaucoup moins de faux appels. Malheureusement, les abonnés demandeurs souvent distraits, toujours pressés, trop souvent ne font pas attention au collationnement et ne soignent pas la prononciation. Il ne faut pas oublier qu'au téléphone celui qui écoute n'a pas la ressource de « lire sur les lèvres » de son correspondant ; il ne faut donc pas que celui qui parle « avale » les consonnes par exemple. Il y a beaucoup trop de laisser-aller à ce point de vue chez nombre d'abonnés.

Il importe donc essentiellement, que les abonnés demandent correctement le numéro du correspondant.

L' « Eastern » pose de nouveaux câbles vers l'Afrique du Sud (*The Electrician*, octobre 1922). — Les liaisons par câbles entre l'Angleterre et l'Afrique du Sud seront l'an prochain notablement améliorées. Dès la cessation des hostilités, la Compagnie « Eastern Telegraph » a entrepris d'améliorer le service sur son réseau de câbles. Elle fait procéder actuellement à la pose de nouveaux câbles sous-marins qui remédieront à la congestion des anciennes voies et qui rendront le service par câbles bien supérieur à ce qu'il était avant la guerre.

Une commande originale de câbles transatlantiques (*Telegr. and Teleph. Journal*, décembre 1922). — L'histoire de la

télégraphie sous-marine revêt, par endroit, la forme d'un roman Elle a exercé une véritable fascination sur certains gros financiers. M. Roland Belfort cite le cas de Jay Gould qui, en 1882, décida un beau jour de satisfaire une de ses envies en faisant poser deux câbles transatlantiques. Pour réussir son « coup financier » véritablement sensationnel, Gould câbla à Siemens de Londres pour demander combien il prendrait pour construire et poser deux câbles télégraphiques à travers l'Atlantique. Siemens répondit aussitôt qu'il possédait en magasin les matières premières, et que la demande pourrait être exécutée pour une somme de beaucoup supérieure à un million de livres sterling. Gould répondit : « Je dépose aujourd'hui 50.000 livres chez vos banquiers. Fabriquez et posez les deux câbles en question ». Les travaux commencèrent aussitôt.

Un consortium télégraphique américain (*Telegr. and Teleph. Journal*, novembre 1922). — L'accord conclu récemment entre la Postal Telegraph C° des Etats-Unis et la All-American Cables Corporation constitue vraisemblablement la plus grosse combinaison télégraphique du siècle présent. On estime à 70 ou 80 mille kilomètres la longueur totale des câbles sous-marins appartenant au consortium. Jusqu'à ces derniers temps, la « Postal C° », ainsi qu'on l'appelle aux Etats-Unis passait pour être réfractaire à l'emploi de tout système télégraphique imprimant : tout le trafic était écoulé au sounder. Ceux qui ont visité l'Amérique récemment ont constaté que la compagnie était décidée à renoncer à ses anciens errements et à se servir d'appareils plus modernes et à meilleur rendement. Toutefois, elle se réserve d'opter pour les appareils rapides les plus simples. Cette décision s'explique par le fait que le trafic écoulé sur les réseaux de la « Postal C° » diffère essentiellement de celui qui est appelé à emprunter les lignes de la Western Union, qui, comme chacun sait, utilise surtout des appareils télégraphiques très rapides.

INFORMATIONS ET VARIÉTÉS

Horaire des émissions des stations radiotélégraphiques françaises (Horaire à jour au 1er janvier 1923). Station de *Bordeaux-Lafayette* (indicatif *LY*), longueur d'onde : 23.450 m.

Trafic avec Tananarive de 2 heures à 6 heures.

— — Djibouti de 6 heures à 6 heures 30.

— — Brazzaville de 6 heures 30 à 8 heures.

Communiqué de presse pour l'Afrique de 8 heures à 8 heures 30.

Trafic avec Rufisque de 8 heures 30 à 9 heures 30.

— — Conakry de 9 heures 30 à 12 heures.

— — la Martinique de 12 heures à 12 heures 30.

— — Cayenne de 12 heures 30 à 13 heures.

Signaux scientifiques *URSI* et battements pendulaires de 19 heures 55 à 20 heures 05.

Communiqué de Presse des Affaires Étrangères de 20 heures 10 à 21 heures 15.

Correction des battements à 21 heures 15.

Communiqué de presse pour l'Extrême-Orient, puis trafic avec Saïgon de 21 heures 30 à 1 heure 30.

Le travail avec Saïgon a lieu sur 18.940 mètres de longueur d'onde.

*
* *

Station de *Lyon-La Doua* (indicatif *YN*), longueur d'onde : 15.200 mètres.

Trafic avec Sofia de 0 heure à 2 heures.

Trafic avec Annapolis (États-Unis d'Amérique) de 2 heures à 3 heures.

Trafic avec Budapest, de 4 à 6 heures.

Trafic avec Belgrade, de 6 à 7 heures.

Trafic avec Budapest de 8 à 8 heures 30, et de 11 heures 45 à 12 heures.

Battements pendulaires de 8 heures à 8 heures 05.

Correction des battements et signaux horaires de 8 heures 54 à 9 heures 04.

Trafic avec Stockholm de 12 heures 45 à 13 heures 45.

Trafic avec Budapest de 13 heures 45 à 14 heures 30.

Trafic avec Annapolis de 14 heures 30 à 15 heures.

Trafic avec Stockholm de 15 heures à 18 heures 30.

Concert radiotéléphonique sur 3.000 m. intermittent de 18 h. 30 à 19 heures.

Trafic avec Sofia de 19 heures à 19 heures 30.

Trafic avec Stockholm de 19 heures 30 à 20 heures.

Trafic avec Budapest de 20 heures à 22 heures.

Trafic avec Annapolis de 22 heures à 23 heures 15.

Trafic avec Belgrade de 23 heures 15 à 24 heures.

*
* *

Station de *Saint-Pierre-des-Corps* (indicatif *YG*), longueur d'onde : 6.400 mètres.

Trafic avec Médiouna (Maroc) de 7 heures à 7 heures 30.

Trafic avec Vienne de 11 heures 30 à 12 heures.

Trafic avec Médiouna de 15 heures à 15 heures 30.

Trafic avec Vienne de 19 heures à 21 heures.

*
* *

Station militaire de *la Tour Eiffel* (indicatif *FL*), longueur d'onde : 7.300 mètres.

Cette station écoule le trafic de l'Administration des Postes et Télégraphes à destination de Bucarest aux heures ci-après :

de 0 à 5 h. 30 ; de 11 h. 30 à 12 h. 30 ; de 13 h. à 14 h. 20 ; de 15 heures à 18 heures ; de 19 heures à 19 h. 20 et de 20 h. 10 à 21 heures.

Une opinion du promoteur du service radiotéléphonique d'informations aux États-Unis. — « J'ai toujours soutenu que le nouveau service est, par sa nature même, appelé à se transformer en monopole, comme le télégraphe et le téléphone ;

pour obtenir les meilleurs résultats possibles, pour donner au service une très grande extension, il faut le confier à deux ou trois compagnies de réputation bien établie, en possession de tous les moyens nécessaires et disposées à les perfectionner graduellement ; ces compagnies devront être surveillées par les autorités fédérales qui ne toucheront pas à leur privilège tant qu'elles assureront un service acceptable.

D. — « Puisque vous critiquez la délivrance, par le Gouvernement, d'un trop grand nombre de licences, combien, à votre avis, devrait-il y avoir de stations émettrices aux États-Unis ?

R. — « Cinq ou six stations très puissantes et bien situées suffiraient pour l'ensemble du territoire ; ces stations utiliseraient des bandes de fréquences distinctes ; on n'autoriserait aucune autre station susceptible d'interférer avec les grandes stations. Pour les besoins locaux, on organiserait un réseau de stations locales peu puissantes, travaillant sur des fréquences réglées de façon à éviter les risques de brouillage. Ces stations serviraient de postes-relais pour propager dans la région les informations transmises par les grandes stations émettrices ; enfin elles pourraient émettre elles-mêmes les informations présentant un intérêt purement local.

D. — « Avec une telle organisation, pensez-vous que les quelques compagnies autorisées par le Gouvernement garantiraient la continuité du service ?

R. — « Il est difficile de répondre à pareille question, mais je pense qu'elles pourraient la garantir. Toutefois, au point où nous en sommes, il est malaisé de prévoir les évolutions et extensions futures du service. Je pense que si les grandes stations centrales étaient autorisées, protégées et bien organisées, un grand pas serait fait ; des dons ou des subventions accordées par les autorités fédérales aideraient ceux qui auraient entrepris le service à le continuer, à l'étendre et à l'améliorer pour en tirer le meilleur parti possible.

D. — « Quelles sont les intentions de la compagnie Westinghouse ?

R. — « Je puis dire que la compagnie entend continuer le service. Nous apprécions ses bienfaits au point de vue du bon renom de l'industrie électrique tout entière ; nous nous rendons parfaitement

compte des responsabilités que nous avons assumées, et nous sommes décidés à faire de notre mieux pour développer et perfectionner cet important service public. Vous voyez donc qu'il n'y a aucune raison pour nous arrêter tant que nous aurons à rendre service au public ! »

Subterfuges par T. S. F. dans la guerre navale. — La T. S. F. a déjà joué un rôle important dans la tactique navale et notamment dans cette tactique, relativement difficile, qui consiste à tromper l'ennemi. Elle a aussi parfois donné lieu à des erreurs fâcheuses.

En 1915, le contre-torpilleur français « Intrépide » avait reçu la mission de rechercher un paquebot pour l'escorter dans l'estuaire de la Gironde. L' « Intrépide », construit dans la République Argentine, était équipé avec une station de T.S.F. du type « Telefunken », c'est-à-dire allemand. Quand le paquebot français reçut les messages de l' « Intrépide » il crut avoir affaire à un sous-marin allemand qui voulait l'attirer dans un piège. Heureusement le paquebot eut l'idée de répondre « en breton » pour s'assurer de l'identité de l'envoyeur et on finit tout de même par s'entendre.

En 1914, dans les premiers jours de la guerre, le croiseur allemand « Goeben » connaissant la clef des signaux secrets d'une nation alliée, les radiotélégraphistes du « Goeben » appelèrent les croiseurs lancés à sa poursuite en leur intimant, dans ce code secret, un ordre de destination fantaisiste. Le stratagème réussit parfaitement et le « Goeben » échappa aux croiseurs qui le recherchaient.

La téléphonie sans fil en Allemagne. — La presse allemande a parlé récemment de l'introduction officielle de la téléphonie sans fil en Allemagne. Les appareils récepteurs sont loués aux abonnés par la « Eildienstgesellschaft ». Celle-ci perçoit d'abord une première somme de 6.000 marks et ensuite une taxe annuelle de 4.000 marks. La Société se réserve le droit d'augmenter ses tarifs en cas de nouvelle dépréciation de l'argent. Pour la transmission des informations, l'abonné doit payer de plus chaque mois à la Société, et suivant l'importance du service, une somme variant entre

4.000 et 30.000 marks. Étant donnés ces prix, on est en droit de s'attendre à ce que ce service ne soit utilisé que par les banques et les grandes maisons de commerce.

Cent quarante localités allemandes possèdent déjà des abonnés. Les messages sont transmis en langage chiffré. En l'absence de l'abonné, ils peuvent être reçus au téléphone et retransmis ensuite

Dans quelques mois, on procédera à l'inauguration de la « Deutsche Stunde ». Cette société a pour objet la transmission de discours, conférences, concerts, etc...

Une statistique intéressante des lignes d'automatiques téléphoniques en Allemagne. — Le nombre de lignes d'automatiques montées ou en cours de fabrication en Allemagne depuis le 1er janvier 1922 s'élèverait pour l'État à 130.000 lignes environ, pour le service privé à 60.000 lignes environ.

Ces chiffres dépassent le nombre de lignes automatiques installées ou en fabrication, pour la même période, pour toute l'Europe, en dehors de l'Allemagne.

Les tarifs télégraphiques en Angleterre (1). — En réponse à plusieurs questions qui lui étaient posées à la Chambre des Communes, M. Chamberlain, Postmaster general anglais, déclarait récemment que pendant l'exercice 1913-1914 le nombre des télégrammes du régime intérieur transmis dans le Royaume-Uni (Irlande comprise) était en moyenne de six millions par mois. La perception minimum était à l'époque de six pence. Pendant l'exercice 1921-1922, le tarif étant d'un schelling, le nombre des télégrammes de l'espèce est tombé à cinq millions par mois environ. Étant donné que même avec le tarif actuel l'exploitation des télégraphes est déficitaire, il est peu probable qu'on puisse revenir bientôt à l'ancien tarif.

(1) Extrait de *Telegraph and Telephon Age*, 1er janvier 1923.



Câble télégraphique souterrain en Rhénanie. — Le câble télégraphique souterrain qui a été posé dans la Ruhr doit nécessairement s'étendre à la Rhénanie avec laquelle l'industrie westphalienne forme une unité économique compacte. L'Administration des Télégraphes projette la prolongation du câble de Duisbourg à Crefeld, de Dusseldorf à Neuss, Munchen-Gladbach et Rheydt, de Cologne à Duren et Aix-la-Chapelle. On projette également la construction d'un câble Cologne-Francfort-sur-Main via Bonn, Coblence, Mayence. L'Administration a en outre l'intention de relier par câble la Rhénanie avec la Hollande. Tous ces projets sont terminés. Le câble Berlin-Ruhr via Bielefeld, Hanovre, Magdebourg a un réseau dans le bassin industriel qui s'étend de Dortmund à Bochum-Essen-Mulheim-Duisbourg et Mulheim, Dusseldorf en outre, Dortmund, Hagen-Schwelm-Elberfeld-Dusseldorf et Schwelm-Cologne.

L'Office National des Recherches Scientifiques et Industrielles et des Inventions. — [*1, avenue du Maréchal-Gallieni Bellevue* (*Seine-et-Oise*)]. Une loi promulguée au *Journal Officiel* du 30 décembre dernier a réalisé la transformation de l'Office National des Recherches Scientifiques et Industrielles et des Inventions en un Office National du même nom, pourvu de la personnalité civile et de l'autonomie financière. Le décret fixant la constitution et le fonctionnement de ce nouvel Office vient lui-même de paraître.

Les attributions de l'Office National des Recherches et Inventions sont des plus importantes ; il doit notamment assurer l'exécution des études et recherches qui lui sont demandées par les différents services publics ; provoquer, coordonner et poursuivre les recherches scientifiques ; assurer, à cet effet, une liaison efficace entre les laboratoires et les usines ; assurer les études, et la mise au point des inventions retenues par la Commission supérieure des Inventions ; encourager et orienter les inventeurs ; constituer un Service d'informations scientifiques et techniques à l'usage des laboratoires et des industriels.

Pour remplir cette vaste tâche, il faut au nouvel Office des res-

sources infiniment plus grandes que celles que lui apporte le crédit de 1.410.200 francs inscrit au budget de l'État.

Heureusement, la personnalité civile et l'autonomie financière dont est maintenant pourvu cet Office vont lui permettre de recevoir les dons, legs et subventions que ne peuvent manquer de lui apporter de nombreux amis de la science, de la recherche et de l'invention. A ces amis, l'Office National peut indiquer toute une série de projets d'inventions retenus par la Commission supérieure des Inventions et entre lesquels ils pourraient choisir ceux qui les intéressent le plus directement et qu'ils seraient disposés à subventionner. Leurs subventions seraient exclusivement réservées à la mise au point de l'invention indiquée, et engagées seulement au fur et à mesure des réalisations soigneusement suivies et contrôlées par les services techniques compétents.

Chaque donateur serait tenu au courant des expériences effectuées, des dépenses engagées et des résultats obtenus. S'il le désire, un contrat pourrait être préalablement passé entre lui-même, l'inventeur et l'Office, précisant la part devant revenir à chaque partie dans les bénéfices pouvant ultérieurement résulter de l'exploitation industrielle de l'invention.

Société des amis de la T. S. F.. — La Société des amis de la T.S.F. vient d'instituer avec le concours du Conservatoire des Arts et Métiers un cours public et gratuit d'enseignement élémentaire de la radiotélégraphie, comportant 25 conférences par des savants et des ingénieurs.

Les résumés de ces conférences seront régulièrement envoyés par téléphonie sans fil par les soins de la Station d'émission de l'École Supérieure des Postes et Télégraphes et insérés dans les *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones.*

L'Onde Électrique publiera dans son numéro d'avril un article de M. Perrot, Professeur à l'École Polytechnique, sur la transmission dans l'air par induction ; un article sur la T.S.F. appliquée aux avions par M. le Commandant Franck ; une étude sur la superréaction, par M. David, ancien élève de l'École Polytechnique ; des observations sur les essais transatlantiques par M. Léon Deloy ; une table et des abaques pour le calcul des longueurs d'onde, etc.....

BIBLIOGRAPHIE

A. — Bibliothèques des Annales des Postes Télégraphes et Téléphones.

Cours élémentaire de Téléphonie à l'usage du personnel des bureaux téléphonie à batterie centrale, par Louis Grelaud, Contrôleur principal des Postes et Télégraphes. 1 volume autographié de 180 pages, 127 figures. — Prix : 10 francs.

B. — Ouvrages divers

Les rayons d'électricité positive et leur application aux analyses chimiques, par Sir J.-J. Thomson, Master of Trinity College — Professor of Experimental Physics, Cambridge. Traduit par Fric, Ingénieur, et Corvisy, Professeur agrégé de Physique. Un volume de 223 pages, prix : 20 francs.

Dans la première édition de cet ouvrage l'auteur exprimait l'espoir que l'application des rayons positifs à l'analyse chimique rendrait les plus grands services, car cette méthode, d'une sensibilité surprenante, ne demande qu'une quantité infinitésimale de matière ; il suffit de posséder les moyens de faire un vide avancé.

L'espoir de Sir J.-J. Thomson s'est réalisé : les déterminations des poids atomiques et les recherches des isotopes, facilitées par cette méthode, semblent éclairer les problèmes de la structure des molécules, des atomes et du processus de la Combinaison Chimique.

L'évidence de la Théorie d'Einstein, par Paul Drumaux, Professeur à l'Université de Gand. Un volume in-8 de 72 pages, 1923 ; broché : 6 francs. Librairie Scientifique, J. Hermann, 6, rue de la Sorbonne, Paris (V^e). — C'est une opinion généralement

admise que la théorie d'Einstein est tellement transcendante qu'elle n'est accessible qu'à un petit nombre de privilégiés. L'auteur se propose de prouver le contraire et de montrer qu'elle relève du bon sens le plus élémentaire.

Après un exposé très simple du principe de la constance de la vitesse de la lumière, de la relativité de l'espace et du temps, le lecteur est conduit sans fatigue à la géométrie non-euclidienne, à l'espace-temps à quatre dimensions, aux nouvelles lois de la gravitation.

Exposé concernant les résultats actuels relatifs aux éléments isotopes, par Maurice de Broglie. — Une brochure de 15 pages (1922), prix : 2 francs (Publication de la Société de Chimie physique. Librairie scientifique, J. Hermann, 6, rue de la Sorbonne, Paris, VIe).

La notion d'isotopie a ouvert un champ nouveau à des recherches très intéressantes ; elle a permis d'interpréter les propriétés des corps qui se succèdent au cours des évolutions radioactives. Les résultats actuels conduisent à considérer comme très probable l'existence d'atomes différents doués des mêmes propriétés chimiques.

BREVETS D'INVENTION (1)

1re addition au brevet 515.790. — Système de génération d'ondes entretenues pour la télégraphie et la téléphonie sans fil. — MM. André Blondel et Marcel Touly. — France.

1re addition au brevet 537.862. — Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

1re addition au brevet 536.916. — Perfectionnements aux cadres récepteurs employés en télégraphie et téléphonie sans fil dirigeables. — M. Ettore Bellini. — France.

2e addition au brevet 508.974. — Système de signalisation à répétition ou à renforcement de courant. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

5e addition au brevet 469.690. — Télégraphe imprimeur. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

1re addition au brevet 505.108. — Dispositif de modulation pour oscillations à hautes fréquences. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

1re addition au brevet 517.729. — Perfectionnements apportés aux bureaux centraux téléphoniques. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

1re addition au brevet 547.501. — Téléphone multiple automatique. — M. Michel Tchoubritch. — France.

(1) Les descriptions (notices et dessins) relatives aux brevets sont en vente à l'Imprimerie Nationale, 87, rue Vieille-du-Temple, Paris (IIIe).

Le Gérant,
LÉON EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS.



12e ANNÉE. — N° 6. JUIN 1923. PRIX : 3 fr.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSVEL PVBLIÉ PAR LES SOINS
D'VNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE.
3 RUE THÉNARD . PARIS Ve

Prix de l'Abonnement annuel : France .... 30 francs ; Étranger .... 34 francs.

COMMISSION DES ANNALES

DES POSTES, TELEGRAPHES ET TELEPHONES.

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une Commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes.*

Cette Commission se réunit à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VII[e].

Membres de la Commission :

M. Dennery, Inspecteur Général, Directeur de l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, Président.

M. A. Blondel, Membre de l'Institut, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

Le Général Ferrié, Membre de l'Institut, Inspecteur Général de la Télégraphie Militaire Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. Abraham, Professeur à la Sorbonne, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. Gutton, Professeur à la Faculté des sciences de Nancy, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

Les Directeurs du Personnel, de l'Exploitation Télégraphique et de l'Exploitation Postale à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes

M. Milon, Professeur à l'École Supérieure, Directeur de l'Exploitation Téléphonique.

M. Pomey, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

M. Ferrière, Professeur à l'École Supérieure, Directeur des Postes et Télégraphes du département de la Seine.

M. Augier, Ingénieur en Chef des Postes et Télégraphes.

M. Diano, Directeur des Postes et Télégrapnes.

M. Saunier, Chef de bureau à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. Reynaud-Bonin, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur des Postes et Télégraphes.

M Valensi, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur des Postes et Télégraphes.

MM. Taffin, Directeur des Postes et Télégraphes ; Cauchie, Inspecteur des Postes et Télégraphes, et Lavoignat, Contrôleur des Postes et Télégraphes, Secrétaires.

M. Pauly, Rédacteur des Postes et Télégraphes, Secrétaire adjoint.

NOTA : La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développees par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

QUELLES SONT LES ERREURS QU'IL FAUT ÉVITER DANS L'ÉTABLISSEMENT D'UN POSTE RÉCEPTEUR RADIOTÉLÉPHONIQUE POUR L'ONDE DE 450 MÈTRES

Les émissions radiotéléphoniques de l'École supérieure des Postes et Télégraphes sont reçues dans d'excellentes conditions par un très grand nombre d'amateurs. Le présent article attire l'attention sur certaines précautions qu'il convient de prendre en établissant un appareil récepteur, si l'on veut éviter toute cause d'insuccès. Les circuits à haute fréquence, destinés à être mis en résonance sur 450 mètres, doivent satisfaire à certaines conditions. Ainsi une antenne, pour pouvoir être accordée sur 450 m., ne doit pas avoir plus d'une certaine longueur. Un cadre récepteur ne doit comporter qu'un très petit nombre de spires. Dans les appareils à lampes, comportant un ou plusieurs étages d'amplification à haute fréquence, il ne faut pas que les bobines, entrant dans la composition des circuits oscillants, comprennent un trop grand nombre de spires. Il faut, enfin, éviter autant que possible les capacités parasites.

Avant d'acquérir un appareil, on fera donc bien de s'assurer qu'il satisfait bien à toutes les conditions requises pour la réception de l'onde de 450 mètres, en exigeant du constructeur des précisions formelles à cet égard.

A la suite des premières émissions radiotéléphoniques effectuées par la Station de l'École supérieure des Postes et Télégraphes, de nombreux auditeurs ont bien voulu écrire à la Direction de l'École pour lui faire part de leurs impressions, et pour présenter diverses suggestions fort intéressantes, auxquelles il fut donné suite dans la mesure du possible.

Certains amateurs ont en outre fait parvenir des renseignements fort détaillés sur les procédés de réception utilisés par eux, et sur les résultats qu'ils en obtinrent. D'autres enfin, n'étant pas

munis d'appareils capables de donner un bon rendement pour l'onde de 450 mètres, ont indiqué les difficultés qu'ils ont pu rencontrer au cours de leurs essais de réception, et ont exprimé le désir d'être renseignés sur les modifications à apporter à leurs installations, afin d'en obtenir un fonctionnement parfait. Un article récent, paru dans le dernier numéro des « *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* », a déjà indiqué la manière de réaliser, à l'aide d'éléments fort simples, des appareils convenablement appropriés à la réception des émissions de l'École supérieure. Les lignes qui suivent ont pour but d'exposer brièvement les raisons pour lesquelles il est nécessaire qu'un poste récepteur, destiné à l'écoute de l'onde de 450 mètres, satisfasse à certaines conditions essentielles dont l'inobservation compromet le résultat des essais de réception effectués par des personnes insuffisamment prévenues.

Tout poste récepteur radiotéléphonique, quel que soit le procédé de réception utilisé, doit être considéré comme comportant deux ensembles de circuits ayant des rôles bien distincts :

A) *Circuits à haute fréquence*, destinés à capter et à faire résonner les courants de haute fréquence rayonnés dans l'espace par les postes émetteurs. Ils comprennent obligatoirement un *collecteur d'ondes* (antenne ou cadre), muni d'appareils de réglage (bobines de self ou condensateurs variables), permettant, au moyen d'un accord, de *sélectionner* l'onde que l'on veut recevoir, en éliminant les autres autant que possible. Ils peuvent comprendre, accessoirement, des circuits de résonance, destinés à améliorer la sélection, ainsi qu'un amplificateur à haute fréquence, dont le but est de renforcer les courants recueillis, sans les modifier. Ces appareils n'abaissent pas la fréquence de ces courants, lesquels restent sans action sur un récepteur téléphonique. Ils doivent donc être suivis d'un *détecteur*, dont le rôle consiste à les modifier de manière à les transformer en courant de *basse fréquence*.

B) *Circuits à basse fréquence*, parcourus par le *courant détecté*. Après le détecteur, le courant, débarrassé des variations à haute

fréquence qui ont servi à la transmission à distance, devient analogue aux courants qu'utilise la téléphonie ordinaire le long des lignes. Les circuits à basse fréquence comprennent donc les appareils habituels de la téléphonie : écouteurs, transformateurs téléphoniques, appareils haut-parleurs, amplificateurs à basse fréquence, etc. Ceux-ci sont parcourus par des courants dont la fréquence est celle des vibrations sonores à transmettre. La fréquence élevée des ondes reçues ayant disparu, leur fonctionnement est complètement indépendant de la longueur d'onde du poste émetteur, et leur emploi ne présente, par conséquent, aucune difficulté spéciale à l'onde de 450 mètres.

*
* *

L'attention des amateurs doit donc être attirée sur la nécessité d'avoir des circuits à haute fréquence susceptibles *d'être accordés sur l'onde de 450 mètres*. La presque totalité des insuccès qui ont été signalés a pour cause l'emploi d'appareils qui rendent cet accord impossible. Nous allons donc passer en revue les divers éléments qui constituent ces circuits, en indiquant, pour chacun d'eux la manière de l'approprier à l'onde de 450 mètres.

I. Circuit primaire.

On appelle ainsi le circuit servant à recueillir les ondes rayonnées par les postes émetteurs. Le circuit primaire peut être constitué soit par une *antenne*, réunie à une *prise de terre* par l'intermédiaire d'un appareil de réglage permettant de l'*accorder* (self, condensateur), soit par un *cadre*, relié à un condensateur. Avec la plupart des appareils mis entre les mains des amateurs, en particulier avec *tous* les appareils à galène, il faut que le circuit primaire, quelle que soit sa nature, puisse être *accordé très exactement* sur l'onde que l'on cherche à recevoir. L'accord permet en effet, par le phénomène de la résonance électrique, de renforcer considérablement les oscillations qu'on désire recevoir, et d'affaiblir ou de supprimer les transmissions parasites qui gêneraient l'écoute. Examinons de quelle manière on peut le réaliser.

a) *Réception par antenne.* — Une antenne théorique, constituée par un fil de cuivre unique, vertical, relié à la terre par sa base et dans laquelle n'est intercalé aucun appareil, est en résonance pour une longueur d'onde égale à *quatre fois* sa longueur géométrique.

Ainsi un fil vertical de 112 m. 50, *réuni directement à la terre*, est en résonance pour la longueur d'onde de 450 mètres. On exprime ce fait en disant que le fil vertical de 112 m. 50, réuni à la terre, possède une *longueur d'onde propre* de 450 mètres. On dit aussi qu'un tel fil, sous l'influence d'une transmission effectuée sur 450 mètres de longueur d'onde, vibre *en quart d'onde.*

Il est, en pratique, très difficile de tendre verticalement un fil aussi long ; aussi emploie-t-on de préférence, des antennes horizontales ou légèrement inclinées. Pour accroître la surface de captation des ondes, on constitue, généralement des antennes à plusieurs brins. Une antenne d'amateur, commode et convenable, est constituée par 3 fils horizontaux de même longueur, espacés de 80 cm. et placés, en un terrain bien dégagé, à 15 mètres au-dessus du sol. L'une des extrémités de chacun de ces fils est réunie à la terre au moyen d'un fil commun, descendant verticalement. Pour résonner sur 450 mètres une semblable antenne, ne comportant aucun appareil intercalé, devra avoir une longueur géométrique d'environ 80 mètres seulement, et non plus de 112 m. 50. Comme le fil de descente à la terre a 15 mètres de long, on voit que la longueur de chacun des 3 fils horizontaux se réduit à 65 mètres environ. Ces longueurs sont encore diminuées si des masses conductrices — une maison ou des arbres — sont placées au-dessous de l'antenne.

Enfin, on est obligé d'intercaler dans l'antenne un certain nombre de spires d'une bobine de self-induction. Celle-ci permet de réaliser l'accord sans que l'on soit obligé de changer la longueur des fils de l'antenne et sert à *coupler* l'antenne avec les appareils récepteurs.

La self, ainsi intercalée, équivaut à une augmentation de longueur des fils de l'antenne. L'antenne à 3 fils horizontaux de

65 mètres chacun, avec fil de descente à la terre de 15 mètres, après l'adjonction nécessaire de quelques spires de cette bobine, ne pourra plus servir à la réception de l'onde de 450 mètres, et ne sera utilisable que pour des ondes plus longues. Il faudra donc ou bien *compenser* l'augmentation de longueur d'onde due à la bobine de couplage, ou bien *diminuer la longueur des brins* de l'antenne. Ce dernier procédé est le plus simple et le plus recommandable. On diminuera la longueur de chacun des fils horizontaux, jusqu'à le réduire à n'être plus que de 40 mètres environ.

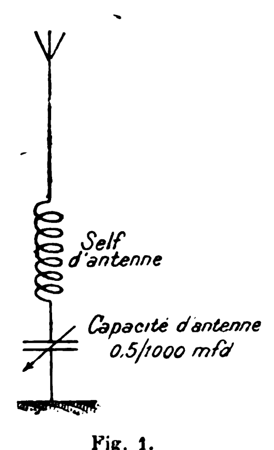


Fig. 1.

Un autre procédé permet de conserver à l'antenne toute sa longueur, ce qui est avantageux si elle doit aussi servir à la réception d'ondes plus longues : on intercale dans l'antenne, outre la bobine de self, un condensateur, dont la capacité est de l'ordre de 1/2 millième de microfarad (fig. 1). Un tel condensateur, intercalé dans une antenne, produit un effet inverse de celui d'une bobine de self : il équivaut à un *raccourcissement* des fils de l'antenne et peut servir à retrouver l'accord d'une antenne rop longue. Si le condensateur a une capacité variable, on peut s'en servir pour le réglage de la résonance. La diminution de la longueur d'onde de résonance est d'autant plus grande que la capacité intercalée *est plus petite*, sans que l'on puisse toutefois réduire de plus que de moitié la longueur d'onde initiale de l'an-

tenne. L'intercalation d'un condensateur de trop petite capacité doit *être évitée autant que possible* : l'expérience montre, en effet, qu'elle amène toujours une diminution de l'intensité des courants reçus. De plus, la partie de l'antenne située, par rapport au condensateur, du côté opposé à la prise de terre, se trouve, en permanence, *entièrement isolée du sol*. Elle est donc susceptible de recueillir les charges électriques atmosphériques et reste électrisée. Il peut être alors dangereux de la toucher. Nous conseillons donc d'utiliser des antennes à deux brins horizontaux dont la longueur ne dépasse pas 40 mètres, en terrain dégagé, ou 30 mètres, si on les place au-dessus des maisons. Un grand nombre d'amateurs, ayant établi des antennes de 100 à 150 m. de longueur pour écouter des émissions de longueurs d'ondes supérieures à 1000 mètres, se sont étonnés de ne pas pouvoir entendre les émissions de l'École Supérieure, même avec des appareils récepteurs fort soignés : Le *développement excessif de leur antenne* est, pour eux, une *cause certaine d'insuccès*. Le mieux à faire, s'ils désirent conserver leur grande antenne, est d'en monter une deuxième dont la longueur ne dépassera pas 30 à 40 mètres, et ils se trouveront alors dans de bonnes conditions de réception pour l'onde de 450 mètres.

Certaines montages *à lampes* permettent, il est vrai, de recevoir les émissions faites sur 450 mètres, à l'aide *d'antennes non accordées* : la *réaction* du circuit secondaire sur le circuit primaire permet de compenser ce défaut d'accord. Ces montages, dont plusieurs ont été décrits dans le n° d'avril 1923 des *Annales des Postes et des Télégraphes*, donnent des résultats excellents, mais sont d'une mise au point très délicate, nécessitant une assez grande expérience. Aussi est-il préférable, surtout pour des débutants, d'utiliser les montages classiques en réalisant *l'accord de l'antenne* conformément aux indications ci-dessus.

Antennes simplifiées. — Certains amateurs, habitant à l'intérieur de l'agglomération parisienne, n'ont pas la possibilité d'établir une antenne. Se trouvant à faible distance du poste émetteur de l'École, ils emploient parfois, à la place d'antenne, quelques fils tendus à l'intérieur de leur appartement, ou même

un balcon de fenêtre, une conduite de radiateur, etc. Il arrive parfois qu'une semblable installation, branchée sur un détecteur à galène, donne des résultats très suffisants. Dans d'autres cas, au contraire, malgré toutes les précautions prises pour obtenir un accord, on ne perçoit à peu près rien. Les conditions locales influent, en effet, beaucoup du fait que les maisons voisines peuvent, si elles sont dans une situation défavorable, gêner la propagation des ondes à recevoir.

Il en est à peu près de même pour les installations utilisant, comme antenne, l'un des fils du secteur électrique. L'antenne ainsi constituée a une longueur très mal définie, en général beaucoup trop grande et il peut être difficile d'obtenir une résonance bien nette. Il faut, en tout cas, avoir bien soin de ne *jamais connecter directement* l'appareil récepteur à un fil du secteur : on pourrait alors provoquer un court-circuit très grave par *mise à la terre* du réseau électrique. Il est nécessaire d'interposer, entre le fil du secteur qui sert d'antenne et les appareils récepteurs *un condensateur* qui évite un semblable accident tout en laissant passer les ondes de manière suffisante. Lorsque la distribution électrique est à courant alternatif, la capacité de ce condensateur ne doit pas dépasser 1/2 de millième de microfarad, car une capacité plus forte laisserait passer un très léger courant alternatif dont l'intensité serait suffisante pour produire, dans les écouteurs, un ronflement désagréable. L'emploi comme antenne des fils de distribution électrique est peu recommandable : la distribution n'a pas été établie dans ce but, et des manipulations, faites inconsidérément sur ces fils peuvent parfois provoquer des accidents dangereux. Il existe, à Paris, un secteur de distribution à courant continu dont certains fils présentent, par rapport à la terre, une tension de 440 volts. Une personne qui, au cours d'un montage, viendrait à toucher un fil à cette tension pourrait se trouver très sérieusement incommodée. Il est préférable de ne pas se servir des fils du secteur et de constituer plutôt une petite antenne intérieure au moyen de quelques fils tendus dans l'appartement ou de placer quelques conducteurs à l'extérieur de la maison.

Prises de terre. — Un appareil récepteur doit être placé aussi près que possible de la prise de terre ; il faut que la connection qui le relie à la terre soit courte, principalement pour recevoir l'onde de 450 mètres. Les appareils récepteurs seront donc reliés *au poste d'eau le plus voisin* au moyen d'un fil aussi droit que possible. Un tuyau de gaz peut aussi servir de prise de terre, mais, en soudant le fil de terre à la conduite de plomb, on devra éviter avec soin de fondre celle-ci, ce qui occasionnerait une importante fuite de gaz.

Bobines de couplage, selfs d'antennes. — Les bobines de couplage permettent au circuit antenne-terre d'exercer une influence sur le circuit secondaire. Elles constituent un véritable *transformateur électrique*. Dans la « bobine Oudin » (fig. 2), très

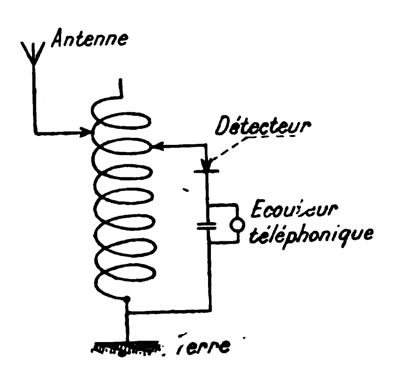


Fig. 2.

répandue parmi les amateurs, les deux enroulements du transformateur ont une partie commune, étant pris sur une même bobine au moyen de deux *curseurs* que l'on déplace à volonté. La figure 2 représente le montage complet d'un poste à bobine Oudin. Cette bobine est simple et pratique, mais présente de multiples inconvénients qui sont souvent pour beaucoup dans les insuccès rencontrés.

En premier lieu, les contacts assurés par les curseurs sont parfois très mauvais et empêchent alors les courants de circuler. Quand les contacts sont bien établis, chaque curseur mobile touche forcément, en raison de son épaisseur, au moins 2 spires

voisines. Il en résulte donc, à l'intérieur de la bobine, de petits circuits locaux, constitués par des spires en court-circuit, pouvant absorber, par induction, une certaine partie de l'énergie des ondes recueillies par l'antenne. Des effets du même ordre dus à la résonance électrique des circuits ouverts se produisent également dans les spires de la bobine non intercalées dans l'antenne par le curseur. Il en résulte une nouvelle perte d'énergie.

Enfin, un autre inconvénient de la bobine Oudin est le couplage serré qui existe entre le primaire et le secondaire. Ces deux circuits comportent des parties communes, il est impossible de les écarter à volonté et l'intensité de la réception est parfois très diminuée de ce fait, les couplages pour ondes de 450 mètres devant être toujours assez lâches.

On remédie à cet inconvénient en intercalant dans l'antenne une deuxième bobine, comportant un enroulement d'un certain nombre de tours de fils et que l'on appelle *self d'antenne* (fig. 1). Son emploi s'impose dès que la longueur totale de l'antenne devient inférieure à 20 mètres environ. Cette bobine, en intercalant dans l'antenne un certain nombre de spires, permet de diminuer le nombre de tours de fils à prendre sur la bobine Oudin pour obtenir l'accord. Le couplage avec le circuit secondaire devient ainsi plus lâche et la réception s'en trouve améliorée.

Il n'est pas nécessaire que le réglage de la self d'antenne se fasse, par variation continue, au moyen d'un curseur : un réglage grossier est suffisant, l'achèvement de l'accord pouvant être réalisé par le curseur de la bobine Oudin. On peut employer, comme selfs d'antenne, une ou plusieurs bobines plates à couches multiples, appelées « fonds de panier » à condition que leurs enroulements soient faits avec du fil *d'au moins 4/10 mm. de diam.*, et l'on constitue ainsi des selfs fort simples et peu volumineuses dont on fait le réglage une fois pour toutes. On devra éviter de placer la self d'antenne trop près de la bobine Oudin, afin d'éviter toute induction entre ces deux bobines, dont les axes seront, autant que possible, disposés perpendiculairement l'un à l'autre.

Bobines Tesla. — Les bobines Tesla constituent de véritables transformateurs électriques, dans lesquels les enroulements primaires et secondaires sont nettement séparés (fig. 3). Les deux réglages, servant à obtenir l'accord et consistant à intercaler, dans chaque circuit, un plus ou moins grand nombre de spires, s'effectuent, pour chaque bobine, au moyen d'un curseur mobile, ou, de préférence, à l'aide d'une manette faisant contact avec des plots.

Il existe des dispositifs dans lesquels la manette, en établissant le contact avec un plot, coupe toute communication électrique entre ce plot et la partie de la bobine qui n'est pas parcourue par le courant de réception. Cette partie de bobine se trouve ainsi mise entièrement hors circuit et est, de plus, fragmentée en petites sections séparées, correspondant à chaque plot. Elle n'est alors plus nuisible, n'étant plus apte à absorber de l'énergie.

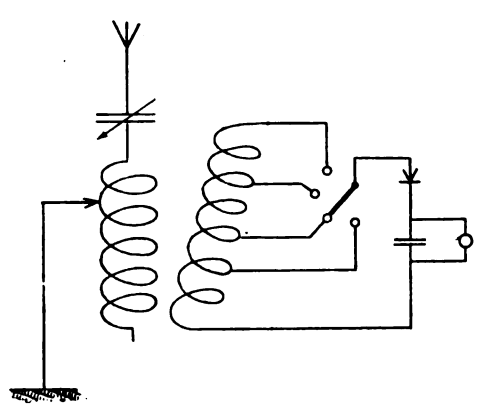


Fig. 3.

Avec les bobines Tesla, on peut agir très facilement sur le degré de *couplage* des bobines primaires et secondaires : il suffit d'en modifier la position relative en déplaçant l'une par rapport à l'autre. On constate aisément l'existence d'un *couplage optimum.* En raison de cette possibilité d'agir sur le couplage, l'emploi d'une self d'antenne n'est nullement obligatoire. On n'est obligé d'y recourir que dans le cas, fort rare pour l'onde de

450 mètres, où l'antenne de réception a une longueur tellement courte que la totalité des spires de la bobine primaire devient insuffisante pour permettre de réaliser l'accord. Ainsi, pour accorder sur 450 mètres une antenne à un fil, d'une longueur totale de 6 mètres, dans laquelle est intercalée une bobine primaire Tesla de 1 dm^2. de section, composée de 20 spires de fil 10/10 mm. sous 2 couches coton, il sera nécessaire de mettre une petite self d'antenne en série avec la bobine primaire Tesla.

Par contre, avec une antenne assez développée — par ex. une antenne horizontale à 3 brins de 50 mètres, placés à 15 mètres de hauteur, — il ne faudra mettre en circuit qu'un *très petit nombre* de spires de la bobine primaire Tesla. On devra donc vérifier soigneusement que le premier plot de la bobine primaire ne permet d'intercaler dans l'antenne que *quelques spires* et non pas une dizaine ou une vingtaine, un nombre exagéré de spires à grande surface entraînant l'impossibilité de mettre l'antenne en résonance sur 450 mètres de longueur d'onde, d'où échec à peu près inévitable de l'essai de réception.

(*A suivre*).

AUDITIONS D'OPÉRAS

PAR ÉMISSIONS RADIOTÉLÉPHONIQUES

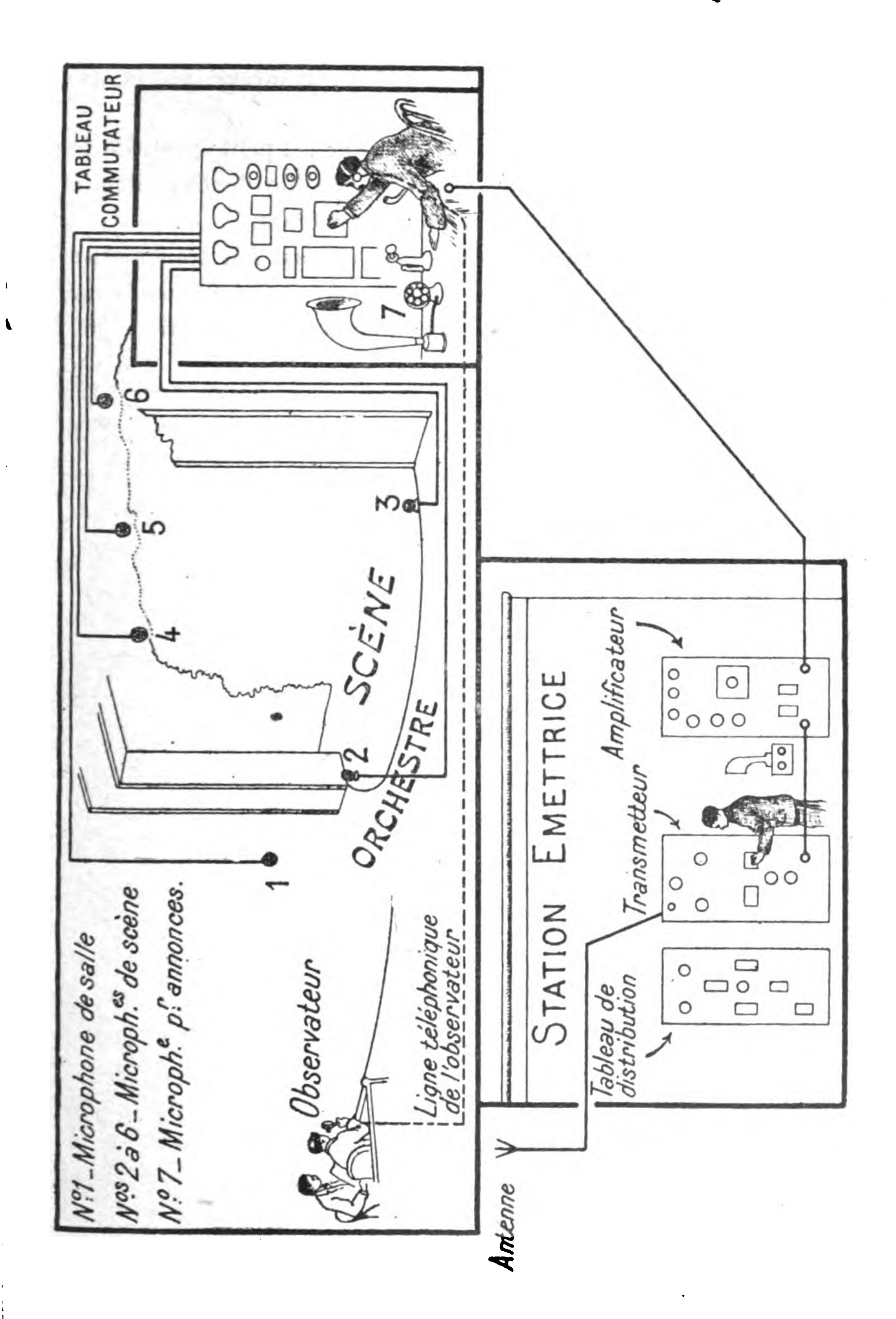
La transmission par la radiotéléphonie d'une représentation théâtrale jouée sur une grande scène ne peut être réalisée qu'avec des précautions spéciales. Les acteurs se déplacent sur le plateau et leur voix n'atteindra le microphone qu'après un trajet variable ; on a reconnu qu'il était bon d'installer non pas un seul mais plusieurs microphones disposés comme l'indique la figure.

Le microphone 1 est suspendu au-dessus des fauteuils d'orchestre et dans l'axe de symétrie du théâtre ; les microphones 2 et 3 sont placés près de la rampe à droite et à gauche de la scène ; les microphones 4, 5 et 6 sont dans le haut de certains portants selon les mouvements de la pièce en représentation.

Bien entendu un seul de ces microphones doit être en action à un instant donné, il sera choisi par un « observateur » assis dans une loge. Cet observateur annonce par fil à un opérateur placé derrière la scène quel est le microphone qui doit être choisi et celui-ci le prend au moyen d'un petit tableau commutateur.

Par exemple si l'on chante près du microphone 2 et que l'observateur sache que l'on chantera bientôt près du microphone 3, il en prévient l'opérateur et, après l'avoir prévenu, lui passe l'ordre d'exécution à l'instant précis et par un ordre bref.

Les microphones 2 et 3 servent à recueillir les chants « solo », les microphones 4, 5 et 6 également quand les chanteurs sont élevés au-dessus du plateau à certain moment de l'action, le microphone 1 sert pour les chœurs, les gros morceaux d'orchestre et pour recevoir aussi les applaudissements.


TABLEAU COMMUTATEUR
7
6
5
4
3
2
1
SCÈNE
ORCHESTRE
N° 1_Microphone de salle
N°s 2 à 6_Microph.es de scène
N° 7_Microph.e p.r annonces.
Observateur
Ligne téléphonique de l'observateur
STATION EMETTRICE
Amplificateur
Transmetteur
Tableau de distribution
Antenne

La figure montre clairement comment est agencé tout ce petit système. Enfin, le théâtre est relié par un fil direct avec la station radioémettrice.

Un autre détail important est à signaler : il peut être utile de doubler l'observateur par un musicien capable d'interpréter le livret et au courant des mouvements des acteurs.

Enfin, pour corser les auditions l'on a aussi fait transmettre par l'opérateur 7 aux amateurs de radio des renseignements sur l'aspect de la salle, sur des à côtés de la représentation, etc surtout pour remplir les entr'actes.

RADIOTÉLÉPHONIE TRANSATLANTIQUE[1]

Le professeur Howe faisait récemment remarquer que la radiotéléphonie proprement dite avait fort peu progressé en un an. Ce qui était vrai en 1922 ne l'est plus en 1923 : le lundi 15 janvier, des représentants de la presse anglaise, des fonctionnaires du Post Office et plusieurs techniciens réputés dans le monde entier, ont pu entendre causer M. Thayer, président de l' « A.T. and T. C° », MM. F.F. Carty et E.H. Gifford, vice-présidents de cette compagnie, ainsi que M. E. H. Colpitts, qui est l'un des ingénieurs dont les remarquables travaux ont rendu possible l'expérience en question.

Historique. — A vrai dire, ce n'est pas la première fois que des signaux radiotéléphoniques ont franchi l'Atlantique ; ce n'est pas non plus la plus grande distance qu'ils aient jamais franchie. En 1915, l' « American Telephone and Telegraph C° » s'était servie de la station d'Arlington (Virginie), appartenant à la Marine des États-Unis, pour procéder à plusieurs essais de téléphonie sans fil. L'énergie au départ était variable entre 5 et 10 kilowatts ; des observateurs envoyés exprès à Paris, Honolulu et Darien avaient pu entendre les opérateurs d'Arlington. L'audition avait été meilleure à Honolulu qu'à la tour Eiffel ; ces expériences n'avaient toutefois aucune valeur commerciale : le volume et la sécurité des signaux reçus ne permettaient pas d'envisager une exploitation commerciale par téléphonie sans fil. En réalité, on ne pouvait prédire alors si un message pourrait être reçu à tel moment déterminé ; certains jours il était absolument impossible d'établir une communication.

Les expériences d'amateurs. — On peut en dire autant des signaux reçus récemment par les amateurs de T.S.F. anglais. Ces expériences d'amateurs sont l'antithèse des « points morts » dont il a été beaucoup parlé. En réalité, on peut dire que, en un lieu donné, la récep-

(1) *The Electrician*, janvier 1923.

tion sera supérieure ou inférieure à la normale, suivant les conditions. Mais, pour un service commercial, cette infériorité ou cette supériorité ne sont pas des facteurs dont on puisse raisonnablement tenir compte. Nous insistons sur ce point parce que d'aucuns ont tenté de diminuer l'importance des expériences faites dans la nuit de dimanche à lundi, sous prétexte que c'était « du déjà vu. »

Un réel progrès. — Ce qui vient d'être fait est mieux que ce qu'on avait fait déjà ; une description sommaire des expériences en apportera la preuve. Les dispositifs de réception en Angleterre avaient été installés à New-Southgate, dans les ateliers de la « Western Electric C° » ; ces ateliers étaient reliés *sans fil* avec la station de Rocky Point (Long Island) appartenant à la « Radio Corporation ». De Rocky Point la liaison était assurée avec les bureaux de New-York de l'« A.T. and T. C° », par un circuit téléphonique ordinaire. La section *sans fil* de la communication avait une longueur de 1/2 km. approximativement. Grâce à l'amabilité des fonctionnaires du Post Office britannique et de M. Goddard (de la « Western Union Telegraph C° »), New-Southgate et New-York restèrent en liaison par câble télégraphique, de sorte qu'on pouvait correspondre entre les deux villes, dans les deux sens. Soixante personnes environ, munies chacune d'un serre-tête double, purent participer à l'audition. Après quelques remarques préliminaires de M. Gill, celle-ci commença. Les messages comprenaient d'abord une liste de noms de villes américaines ; puis on entendit une communication de M. Thayer, qui fut répétée à diverses reprises ; puis un petit discours de M. Carty et d'autres personnalités américaines. La fin de chaque discours était confirmée par télégramme. Plusieurs fois l'annonce de fin fut reçue dans la salle quelques minutes seulement après que les auditeurs avaient cessé d'entendre l'orateur.

Conversations familières. — En même temps, des câblogrammes étaient envoyés de New-Southgate à New-York pour aviser nos amis américains que nous étions prêts à les écouter. En conséquence, les conversations familières succédèrent aux discours de cérémonie. M. Carty nous dit qu'il était un fidèle lecteur de l'*Electrician* (qu'il reçoit depuis 1879) et qu'il espérait bien le lire longtemps encore, souhait auquel nous souscrivons de tout cœur. M. Thayer nous exposa

ce qu'il pensait de Klu-Klux-Khan (c'est cet exposé que le « Morning Post » a salué comme la première « interview » par téléphonie sans fil). Tout d'abord de légères perturbations atmosphériques gênèrent la réception, mais elles cessèrent bientôt de se faire sentir. Pendant le reste de l'expérience qui dura deux heures, l'audition fut « supérieure », ainsi que M. Gill s'est plu à le reconnaître. On entendit M. Carty tousser et plusieurs auditeurs avaient reconnu son timbre de voix avant qu'il ne se fût annoncé. Ces détails peuvent paraître enfantins. Si nous les donnons, c'est qu'ils montrent que la téléphonie sans fil internationale est plus près des applications commerciales qu'elle ne l'a jamais été. La méthode adoptée est la seule qui ait fait de la radiotéléphonie transocéanique une réalité ; les possibilités sont équivalentes à celles que procure la téléphonie par conducteurs sur terre.

Il faut dire que certains ont critiqué le fait que les expériences avaient eu lieu par une nuit d'hiver, époque de l'année où — on pouvait l'escompter — les résultats seraient naturellement meilleurs qu'en d'autres temps. On avait d'abord pensé à procéder aux expériences en plein jour, mais la chose avait été reconnue impraticable. Toutefois, il faut dire que les essais qui se poursuivent actuellement à New-Southgate prouvent que la communication est facile à maintenir pendant 14 heures sur 24. Enfin, il faut remarquer qu'il ne s'est produit aucune altération appréciable de la netteté à la suite des variations de l'amplificateur.

Caractère technique des expériences. — Pour en revenir à des considérations plus techniques, on doit remarquer que la démonstration n'était pas une simple récréation. Elle a été faite par l' « A.T. and T.C° » pour s'assurer des possibilités de la radiotéléphonie transatlantique commerciale. A ce point de vue, il est un facteur essentiel dont il faut toujours tenir compte : ce sont les bruits parasites qu'on reçoit en même temps que les signaux utiles et qui tendent à rendre ces derniers inintelligibles. Si le bruit parasite, mesuré en unités courantes (microvolts par m.), est sensiblement aussi fort ou plus fort que les signaux utiles, toute communication devient impossible quel que soit le degré d'amplification. En d'autres termes, c'est le rapport $\frac{\text{signaux utiles}}{\text{signaux parasites}}$ qui est important. Le premier objet des expériences est donc de cal-

culer la valeur de ce rapport en toute saison et à tout moment de la journée ; ceci fait, il est facile de calculer la quantité d'énergie nécessaire au départ à un moment quelconque.

Valeurs nocturnes et diurnes. — On sait que l'intensité des signaux radioélectriques est fonction de la fréquence, de la distance à franchir et de l'énergie rayonnée ; on peut la calculer au moyen de la formule d'Austin qui donne les valeurs « diurnes », c'est-à-dire celles pour lesquelles il est tenu compte du coefficient d'absorption. Si, dans cette formule, on égale à l'unité le facteur d'absorption, on obtient sensiblement les valeurs « nocturnes » du champ électrique, dans les conditions les plus favorables. Malheureusement, il existe, entre ces valeurs limites des différences énormes ; c'est pourquoi il faut effectuer des mesures réelles. Depuis quelque temps déjà, on procède en Amérique à des mesures de ce genre ; depuis le 1er janvier 1923, la station expérimentale, de New-Southgate précisément, a servi à la mesure des intensités du champ électrique. En même temps, on a mesuré les intensités des perturbations électriques qu'on a divisées en deux grandes catégories : 1° les perturbations dues à l'interférence des ondes entretenues ; 2° les perturbations atmosphériques.

On poursuivra les recherches pendant un an pour recueillir tous les renseignements utiles. Il sera alors possible de calculer les frais d'une communication radiotéléphonique possédant les qualités voulues, ainsi que la façon dont les dépenses varient avec la qualité de la communication ; les techniciens posséderont tous les renseignements précis dont ils ont besoin ; fort heureusement, le rapport $\frac{\text{signaux utiles}}{\text{signaux parasites}}$ semble être constant à la même heure du même jour pour toutes les années. Ceci est vrai quel que soit le type du poste émetteur et du poste récepteur, aussi longtemps que la puissance d'une part et le pouvoir sélecteur d'autre part sont satisfaisants.

Le problème de la fréquence. — Un autre facteur est à considérer : il faut que la bande des fréquences employées soit aussi étroite que possible, pour économiser le nombre restreint des fréquences admissibles. Pour que la parole soit intelligible. il faut rester en-dessous de 2.000 périodes environ, et, lorsqu'on module un courant porteur, il est essentiel de produire les signaux de telle sorte qu'on

ne dépasse pas cette limite. Le rendement d'une installation radiotéléphonique à longue distance doit être élevé puisqu'une quantité d'énergie relativement considérable est nécessaire au départ. En raison de ce que les perturbations sont plus fortes en été qu'en hiver, le poste d'émission doit avoir une certaine souplesse au point de vue du débit d'énergie, sans toutefois exiger qu'on consacre des sommes importantes pour des appareils extrêmement puissants qui resteraient inactifs une grande partie du temps. D'autres qualités, telles que la sécurité du fonctionnement et le bon marché, sont évidentes.

Emploi d'une bande de fréquences. — Il est heureux pour la radiotéléphonie qu'un même système puisse posséder toutes ces qualités. L'emploi d'une gamme minimum de fréquences s'obtient en ne transmettant qu'une *seule bande* de l'onde totale modulée au lieu des deux bandes et de l'onde porteuse. C'est cette méthode que l'« A.T. and T. C° » et ses compagnies associées emploient en Amérique ; c'est à cette méthode également qu'on a eu recours dans les expériences qui nous occupent. De plus, c'est aussi la méthode qui procure le meilleur rendement ; l'expérience a prouvé qu'il faut une énergie trois fois moindre que si l'onde porteuse modulée était transmise en totalité. La méthode donne les meilleurs résultats lorsqu'on se sert de lampes émettrices ; comme on peut monter ces lampes en parallèle et augmenter leur nombre à volonté, on arrive à se procurer une somme d'énergie considérable nécessaire pendant une partie de l'année.

Dans les expériences qui se poursuivent actuellement, la bande unique de fréquences à transmettre est choisie à basse tension ; on l'amplifie au moyen de lampes à électrode froide d'une puissance de 60 kilowatts environ. Cette énergie rayonnée équivaut à une énergie qui dépasserait 200 kilowatts si l'onde modulée était transmise en totalité. Au poste récepteur, on utilise un oscillateur à lampe pour restituer la composante supprimée de la fréquence du courant porteur ; le signal ainsi reconstitué est alors détecté : il reproduit rigoureusement le son original.

Quelques résultats. — Il serait prématuré de tirer des conclusions définitives ; toutefois, les techniciens apprendront avec intérêt qu'entre le 1er janvier et le 15 janvier 1923, un rapport $\frac{\text{signaux utiles}}{\text{signaux parasites}}$

de l'ordre de 10 (parfois même supérieur) a été obtenu pendant 14 heures chaque jour (entre 11 heures du soir et 1 heure de l'après-midi le lendemain) ; l'audition était satisfaisante entre les heures extrêmes indiquées, *à n'importe quel moment*, à condition que les stations émettrices voisines ne se servissent point de fréquences de l'ordre de celles employées, c'est-à-dire comprises entre 56.000 et 59.000 périodes par seconde. Toutefois, les expériences ayant eu lieu à l'époque la plus favorable de l'année, il conviendra, pour obtenir d'aussi bons résultats en été, — lorsque les parasites sont plus intenses — d'augmenter en conséquence l'énergie utilisée par le poste d'émission.

A propos des communications d'amateurs, on doit dire que, entre Nauen et les États-Unis, l'intensité moyenne des signaux en microvolts par m. est de 40. Pour les expériences récentes, ce chiffre s'est élevé à 100 et même 150 microvolts ; pour les réceptions d'amateurs, il variait de 1 à 10 microvolts pour une longueur d'onde de 400 m. Enfin, avec des longueurs d'onde aussi courtes, la variation est très prononcée ; ce sont, naturellement, les intensités maxima des signaux qui sont reçues.

Postes de transmission et de réception. — Au poste émetteur, l'énergie est fournie par un transformateur « triphasé/hexaphasé » branché sur le réseau local d'énergie ; avant d'être appliquée à l'antenne, cette énergie est amplifiée de la manière indiquée plus haut. L'antenne a une longueur totale de 2 kilomètres ; les pylônes, hauts de 135 mètres, portent des traverses de 45 mètres. Les lampes génératrices sont du type imaginé par M. Houskeeper de la « Western Electric C° » ; la plaque consiste en un tube de cuivre d'un diamètre de 37 mm. et d'une longueur de 20 cm ; elle est refroidie à l'eau. Le cadre du poste récepteur de New Southgate est d'environ 0^{mq}, 5568 ; vu le grand nombre de récepteurs, on avait dû installer des lampes supplémentaires. Ce genre d'antenne a permis de supprimer les résistances de terre ; il est, de plus, facile de l'entretenir en parfait état. Ses caractéristiques sont constantes et il est moins sensible qu'une antenne ordinaire aux troubles par interférence.

Anticipations. — Les expériences qui se poursuivent sont dirigées en Angleterre par le Dr. Nicholls, chargé d'étudier le perfectionnement de la téléphonie sans fil dans les laboratoires de l'« A.T. and T.

Co » et par M. Früs. On peut les féliciter, ainsi que le personnel placé sous leurs ordres, des brillants résultats qu'ils ont obtenus. On peut dire qu'on a triomphé successivement de toutes les difficultés que présentait le raccordement d'une liaison par fil avec une liaison sans fil, pour en faire une voie de communication unique. Comme nous l'avons vu, le poste radiotéléphonique émetteur de Long Island est relié par fil à New York ; il pourrait l'être aussi bien à n'importe quel poste téléphonique des États-Unis. Par conséquent, en passant par Rocky-Point, n'importe quel abonné du Bell System peut communiquer avec l'Europe exactement comme avec un correspondant quelconque à l'intérieur des États-Unis. Les expériences en question n'ont eu lieu que dans un seul sens, aucun poste de transmission n'ayant été installé, dans ce but, en Angleterre.

Ne connaissant pas tous les détails techniques de l'établissement d'une communication radiotéléphonique commerciale entre l'Angleterre et les États-Unis, on ne saurait dire de façon certaine quelles sont les perspectives ouvertes à un service radiotéléphonique transatlantique. Toutefois, on espère que les expériences, qui vont continuer pendant plusieurs mois sans doute, procureront des renseignements qui permettront de connaître à fond les facteurs économiques et autres qui devront intervenir lors de l'établissement d'un service de ce genre.

LA TÉLÉPHONIE A GRANDE DISTANCE EN EUROPE

Extraits du discours prononcé à Londres, le 2 novembre 1922, par le nouveau président de la Société des Ingénieurs électriciens de Grande-Bretagne, M. Frank Gill, Ingénieur en Chef.

LES COMMUNICATIONS ÉLECTRIQUES

D'importants changements sont survenus dans la technique des communications à grande distance par suite des progrès accomplis récemment en téléphonie. Nous allons les passer en revue.

Pupinisation. — On entend par là, l'accroissement voulu de l'inductance d'un circuit, en vue d'augmenter la distance sur laquelle on peut échanger une conversation téléphonique satisfaisante. L'inductance peut être uniformément distribuée (câbles

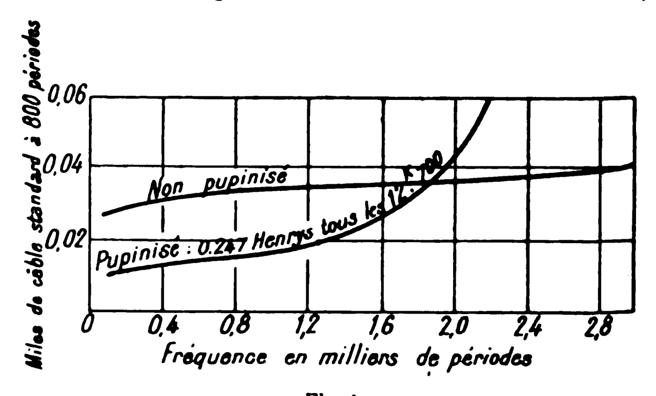


Fig. 1.
Caractéristique affaiblissement/fréquence d'une ligne en fil nu de 4 mm longue de 1.609 mètres. L'air est supposé parfaitement sec.

Krarup), ou fractionnée (bobines Pupin). C'est en 1887 qu'Olivier Heaviside avait montré que l'accroissement de l'inductance

serait profitable à la transmission de la parole. Avant lui, on avait considéré l'inductance comme quelque chose de nuisible.

La figure 1 représente, à différentes fréquences, les pertes sur un mile (1.609 m.) de fil nu de 4 mm., 2 quand il est ou non pupinisé. La pupinisation répond ici à celle obtenue en intercalant sur les fils, tous les 12 km. 700, une bobine de 0 henry 247. Le relevé a été fait en régime permanent, c'est-à-dire après que les effets transitoires avaient cessé. Les courbes de la figure 1 montrent que la pupinisation a produit trois effets :

1) L'affaiblissement a été réduit de 0,035 à 0,016 mile de câble standard à 800 périodes ; ceci représente un accroissement du volume de 54 °/₀ ;

2) Entre 400 et 2.000 périodes, la courbe des pertes est à pente plus rapide pour la ligne pupinisée ; ceci prouve que les diverses fréquences de la parole sont transmises moins uniformément, ce qui se traduit par une certaine distorsion, par un affaiblissement de la qualité des sons qui était excellente sur la ligne non pupinisée ;

3) A 2.000 périodes environ, l'affaiblissement de la ligne pupinisée augmente brusquement ; c'est la fréquence limite (« cut off »), et toutes les fréquences plus élevées sont étouffées.

Outre ces trois effets, on constate que la vitesse de propagation est tombée de 180.000 miles par seconde sur la ligne non pupinisée à 55.000 miles par seconde sur la ligne pupinisée.

La figure 2 montre les résultats obtenus en pupinisant un circuit de câble en fil de 0 mm. 91, à l'aide de bobines de trois types différents placées tous les 1.829 mètres. Ici, nous pouvons noter quatre effets :

1) L'affaiblissement à 800 périodes tombe de 0,94 à 0,30 (courbe de la ligne moyennement pupinisée), ce qui produit une diminution des pertes de l'ordre de 68 °/₀, c'est-à-dire bien supérieure à la diminution obtenue sur un fil nu aérien ;

2) Entre 200 et 2.000 périodes, la courbe relative au circuit pupinisé est sensiblement horizontale, ce qui montre que toutes les fréquences de cette gamme sont transmises presque aussi bien l'une que l'autre, de sorte que la distorsion signalée plus haut,

diminue sensiblement ; au contraire, la courbe du circuit non pupinisé est en pente raide ; par exemple, à 2.000 périodes,

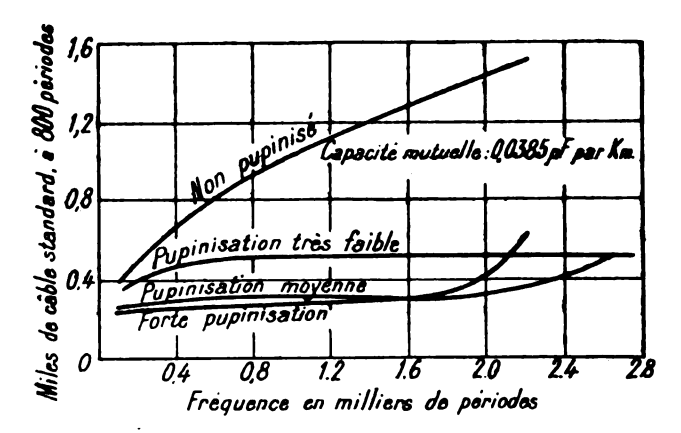


Fig. 2.
Caractéristique affaiblissement/fréquence d'un circuit de câble de 0 mm. 91 et long de 1.609 mètres.

l'affaiblissement est de 1,45, c'est-à-dire 55 °/₀ plus élevé qu'à 800 périodes ;

3) Il y a aussi une fréquence limite comme dans le cas des lignes aériennes pupinisées ;

4) La fréquence limite est plus basse lorsque le degré de pupinisation est plus relevé. Enfin, quand la pupinisation est plus forte, la vitesse de propagation sur le circuit diminue.

Les figures 3 et 4 montrent l'effet produit par la pupinisation sur la fréquence limite et sur la vitesse de propagation sur les circuits de câble auxquels se rapporte la figure 2.

On voit donc que l'addition d'une certaine inductance avec celle des lignes (lignes aériennes ou circuits de câbles) permet d'accroître considérablement la distance à laquelle l'audition est possible et de diminuer le diamètre des conducteurs. Mais, si la pupinisation réduit l'importance des phénomènes de distorsion sur les circuits de câble, elle l'augmente au contraire sur les lignes en fil nu ; on voit encore qu'en relevant la tension, on augmente les phénomènes de « cross-talk » et on abaisse la vitesse de propagation sur les circuits.

En ce qui concerne les lignes en fil nu, on voit que la pupinisation entraîne un remaniement des méthodes de construction, impose des rotations spéciales, oblige à un entretien minutieux

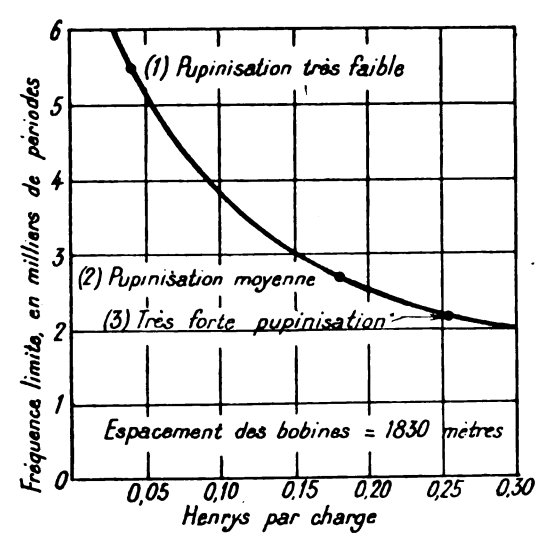


Fig. 3.
Effet de la pupinisation sur la fréquence limite.

des lignes, afin d'éviter les mélanges apparents de conversations, car les circuits pupinisés, en raison de leur plus faible isolement, sont plus sujets que les circuits non pupinisés, à une diminution de l'efficacité de transmission. Si les lignes ne sont pas entretenues avec grand soin, il peut arriver que les bénéfices procurés par la pupinisation pendant un certain nombre de jours de l'année ne justifient pas les dépenses engagées de ce chef.

Ce que nous venons de dire de l'entretien des lignes aériennes au point de vue du bon isolement, s'applique également aux circuits pupinisés des câbles ; mais ici, il est plus facile de réaliser un bon isolement, ce qui dispense des préoccupations relatives à l'état des conducteurs.

L'augmentation, due à la pupinisation, des risques de « cross-talk » a soulevé de réelles difficultés ; on a pu les vaincre grâce aux progrès réalisés dans la construction des câbles, non seulement en ce qui concerne la fabrication en usine, mais encore les

raccordements auxquels il est procédé sur le terrain ; ces progrès tendaient à la suppression du déséquilibre entre circuits, en vue de réduire le plus possible les mélanges apparents de

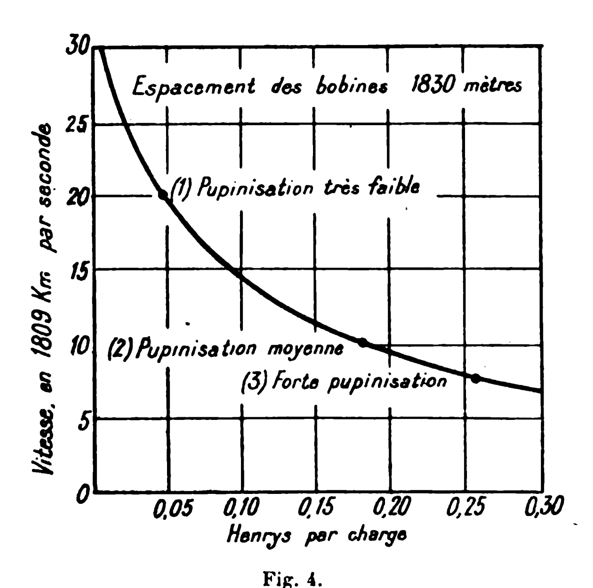


Fig. 4.

Effet de la pupinisation sur la vitesse de propagation.

conversations. Il faut noter ici que, comme pour beaucoup d'autres perfectionnements récents, l'effet des variables n'est pas forcément local, c'est-à-dire que le défaut qui existe sur une section de ligne peut être ressenti sur une section très éloignée de la première et exempte elle-même de tout défaut. Il a été un temps, où il fallait éviter soigneusement l'aimantation des bobines Pupin ; il n'en est plus aussi souvent de même aujourd'hui, grâce à l'emploi de bobines à noyau en poudre de fer agglomérée.

Répéteurs. — Les relais téléphoniques (répéteurs) sont utilisés depuis 1905, mais c'est seulement à partir de 1914 que les répéteurs à lampe (valve de Fleming complétée par l'adjonction d'une grille) ont été mis en service ; il n'y a guère que cinq ans que l'emploi des répéteurs a pris une grande extension. Le fait qu'une lampe à trois électrodes agit sur les courants de

conversation comme un amplificateur conduit à penser qu'un relais téléphonique n'est autre chose qu'un appareil qui retransmet les courants reçus comme le fait un relais électromagnétique ; mais, le répéteur n'est pas seulement un organe d'amplification des courants ; les autres avantages qu'il procure depuis

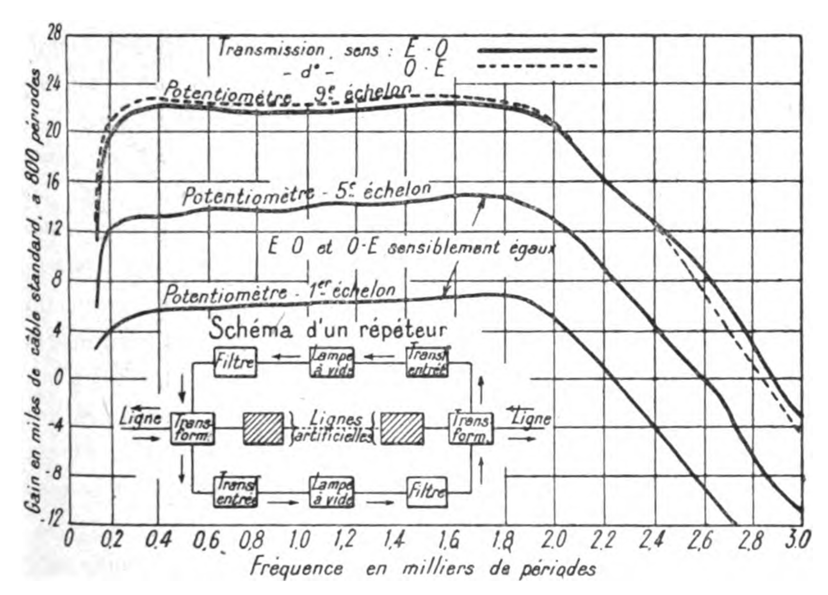


Fig. 5.
Courbes gain/fréquence d'un répéteur n° 22.

qu'il a été perfectionné sont tels, qu'on ne peut vraiment pas les passer sous silence.

Considérons d'abord les modèles courants et leur place dans le système. On peut diviser les répéteurs en trois classes : 1) Les répéteurs qui fonctionnent dans les deux sens avec une seule lampe amplificatrice (type 21) ; ils doivent être placés au centre de la ligne ou près du centre, car les impédances des deux sections qu'ils réunissent se font équilibre réciproquement ; si elles ne sont pas égales, le déséquilibre aura pour effet d'engendrer des courants qui circuleront autour des répéteurs et, par suite, des oscillations qui feront « siffler » les répéteurs. Jusqu'ici, ce type de répéteur n'a pu être utilisé en tandem ; aussi l'emploie-t-on peu fréquemment. Toutefois, on peut s'en servir sur les

circuits de câble aussi bien que sur les lignes en fil nu dans certains cas déterminés ;

2) Les répéteurs qui fonctionnent dans les deux sens avec deux lampes amplificatrices unilatérales (type 22). La place qu'on peut leur donner n'est plus strictement limitée, car ici l'équilibre n'est pas réalisé par les deux impédances des sections de lignes situées de part et d'autre des répéteurs, mais bien par l'impédance d'une section et par celle d'une ligne artificielle représentant l'impédance de l'autre section ; c'est de la précision avec laquelle la ligne artificielle représente l'impédance de la section de ligne correspondante que dépend, à toutes les fréquences, le degré d'amplification (ou « gain ») procuré par les répéteurs. Au cas où l'équilibre n'est pas réalisé, des courants circuleront autour des répéteurs et ceux-ci siffleront. On peut se servir de ce type de répéteurs sur les lignes aériennes et sur les circuits de câble. Ils peuvent être, et sont normalement, montés en tandem ; on en trouve jusqu'à 23 en service sur une même ligne où l'audition est des plus satisfaisantes, ce qui prouve que les courants de conversation y sont transmis sans distorsion appréciable ;

3) Les répéteurs qui fonctionnent dans un seul sens, pour lesquels les courants de conversation circulant dans l'autre sens empruntent un circuit indépendant, appelé circuit à quatre fils, sur lequel les courants allant dans le sens est-ouest par exemple empruntent un circuit bifilaire muni de répéteurs unilatéraux et ceux allant dans le sens ouest-est empruntent un autre circuit bifilaire également muni de répéteurs à sens unique. Il est évident que si un circuit spécial à 4 fils était monté entre deux postes d'abonnés de façon que le microphone de l'abonné A soit relié directement au récepteur de l'abonné B et inversement, il n'y aurait pas de courants parasites. Mais une telle construction n'est pas possible commercialement ; on est obligé de se servir des lignes bifilaires du réseau urbain, et, par suite, c'est la ligne à longue distance seule qui peut être du type à 4 fils. Avec les répéteurs de ce modèle, les courants parasites ont à parcourir une distance considérable ; ils vont s'affaiblissant graduellement

avant de revenir au point de départ où ils seraient amplifiés ; c'est pourquoi les répéteurs à 4 fils donnent une meilleure amplification que les répéteurs précédents (type 21 ou 22), sans

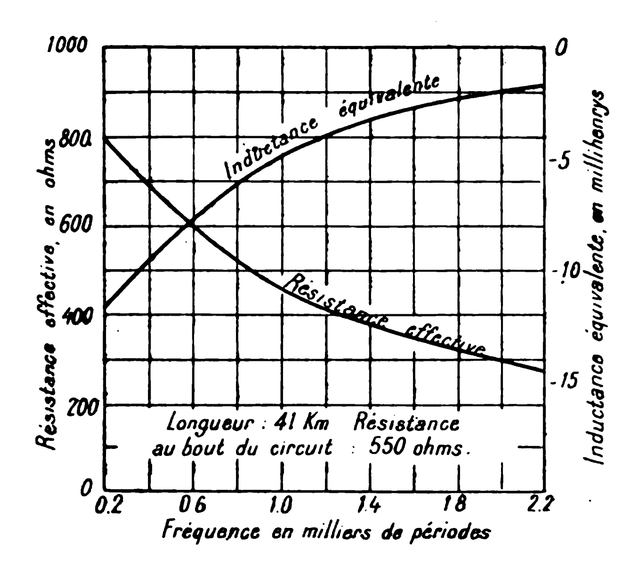


Fig. 6:
Courbe impédance/fréquence d'une ligne en fil nu de 3 mm. non pupinisée.

qu'il y ait danger de les entendre siffler. Les répéteurs à 4 fils peuvent être employés sur les lignes aériennes et sur les câbles, mais, on le voit sans peine, ils ne sont vraiment pratiques et économiques que sur ces derniers ; puisque l'amplification (ou gain) est considérable (elle peut être rendue assez grande pour que les pertes sur la ligne entre les deux extrémités de la portion à 4 fils deviennent nulles, ce qu'un autre type de répéteur ne pourrait réaliser), il est économiquement possible d'employer les répéteurs sur des circuits de câbles longs de 1.800 km. — et même plus, — spécialement sur les lignes à longue distance à trafic très intense.

Quel que soit le type des répéteurs employés sur une ligne quelconque, leur emplacement exact doit être calculé en tenant compte des considérations techniques seulement et non de considérations politiques ou autres. Il peut arriver par exemple

qu'un circuit international ait à traverser toute la Suisse sans qu'un seul répéteur soit installé dans ce pays, ou encore qu'une ligne desservant le Limbourg soit amplifiée en Hollande, bien que la portion hollandaise de la ligne soit très courte. Dans tous les cas semblables, les lignes artificielles des répéteurs installés dans un pays doivent répondre aux conditions des lignes construites dans les autres pays.

Le fait que les répéteurs peuvent être employés en tandem rend les conditions très délicates. La figure 5 représente le gain obtenu avec un répéteur type 22, construit pour un circuit de câble pupinisé, choisi au hasard et installé sur une ligne artificielle; les mesures ont eu lieu avec un potentiomètre à étages fixes. La courbe du haut montre le gain réalisé à des fréquences téléphoniques par les deux répéteurs dans les deux sens (est-ouest, ouest-est), les deux potentiomètres étant sur le même étage (9e échelon). Le gain obtenu correspond sensiblement à 22 miles de câble standard, c'est-à-dire à une amplification de l'énergie égale à 121 fois l'énergie initiale. Il est évident que ceci montre quelle amplification le répéteur peut produire ; dans la pratique courante, sur une ligne réelle, on ne saurait s'attendre à un résultat aussi brillant. Mais il faut remarquer que les gains dans chaque sens sont presque identiques. Quand les potentiomètres étaient sur le cinquième étage, les gains diminuaient, mais les courbes relatives à ceux-ci étaient sensiblement les mêmes dans les deux sens : de même, quand le potentiomètre était ramené au premier échelon.

A noter que ces résultats ont été obtenus sans réglages minutieux ni spéciaux : on se bornait à mettre les deux potentiomètres sur le même échelon; on remarquera en outre qu'entre deux contacts consécutifs, la variation du gain d'amplification est de l'ordre de 2 m. c. s. environ. Le schéma placé sous les trois courbes de la figure 5 représente les divers organes de l'installation qui tous jouent un rôle dans l'amplification des courants téléphoniques ; ce sont : un transformateur d'entrée, une lampe à vide, un transformateur de sortie, un filtre et un transformateur à trois enroulements ; tous ces organes existent dans chaque

répéteur. Les potentiomètres, qui sont placés en avant des transformateurs d'entrée, ne sont pas représentés sur le schéma. Il est certain que le gain à exiger des répéteurs varie suivant le type de la ligne sur laquelle ils sont installés. Par conséquent, un répéteur n'est pas un appareil universel qu'on intercale sur une ligne quelconque sans tenir compte de la nature de celle-ci.

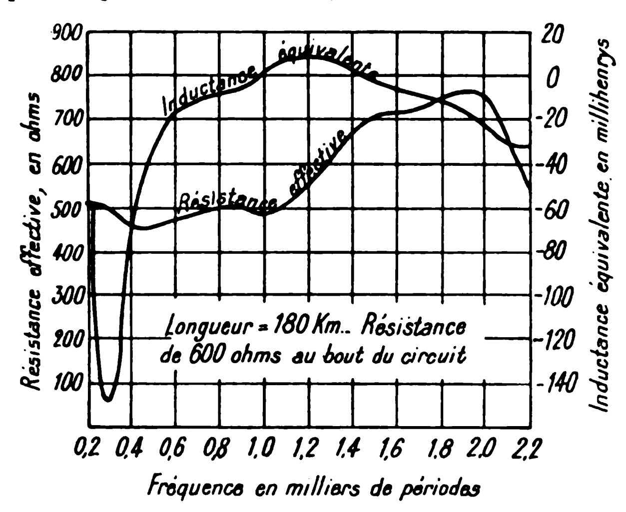


Fig. 7.
Courbe impédance/fréquence d'un circuit combinant pupinisé en fil de 4 mm.

Lorsque les répéteurs sont mis en service sur les lignes, il se produit des réactions qui imposent certaines modifications importantes des installations. Nous avons vu qu'on équilibre la ligne au moyen de lignes artificielles, mais pour cela, il faut que la ligne soit autant que possible homogène faute de quoi l'emploi des lignes artificielles deviendrait fort coûteux sinon irréalisable. La figure 6 représente les courbes impédance/fréquence d'une ligne en fil de 3 mm., longue de 41 km. C'est un exemple heureusement choisi; la ligne un fil de cuivre était parfaitement homogène et on n'a éprouvé aucune difficulté pour construire une ligne artificielle représentant correctement la ligne réelle; par suite, les gains réalisés par les répéteurs étaient excellents. Les résultats portés sur la figure 6 ont été obtenus du premier coup, sans le moindre tâtonnement. La figure 7 représente les

résultats obtenus sur une ligne considérée jusque-là comme parfaite. On voit que les courbes de l'impédance sont très irrégulières, et que par conséquent, il n'était pas possible d'installer un répéteur sur cette ligne dans son état actuel. La figure 8 se rapporte à un circuit de câble long de 54 km.700, sur lequel, on ne sait au juste pour quelle raison, la septième bobine Pupin (située à 27 km.400 du lieu d'essai) avait été enlevée. On voit nettement quel déséquilibre entre la ligne réelle et la ligne artificielle a été occasionné par cette suppression ; ceci montre que

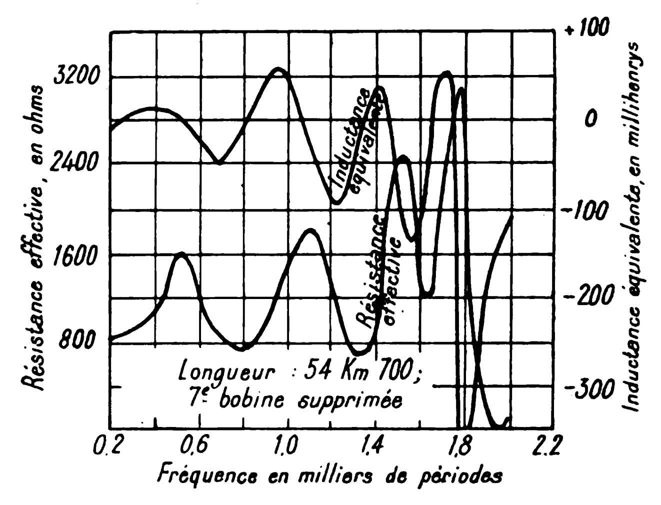


Fig. 8.
Courbe impédance/fréquence d'un circuit de câble faiblement pupinisé, en fil de 1 mm. 68.

la suppression malencontreuse d'une bobine Pupin peut rendre inutilisable la ligne d'où elle a été enlevée. D'autre part, le manque d'homogénéité, résultant de ce qu'on assemble au hasard des lignes ayant des constantes différentes et n'étant pas faites pour être raccordées, produit des résultats aussi fâcheux.

La figure 9 représente les courbes impédance/fréquence pou[r] un circuit fantôme pupinisé d'un câble de 39 kilomètres. On sait qu'un circuit fantôme s'obtient avec deux circuits bifilaires, et qu'il n'est pas facile de réaliser l'équilibre des capacités sur un circuit de ce genre. La figure montre les courbes relevées sur la

ligne et celles d'une ligne théoriquement homogène; on voit que les unes se rapprochent beaucoup des autres.

Voyons maintenant l'ensemble des résultats obtenus lorsqu'on utilise, pour la transmission, une ligne dont les conducteurs et les répéteurs contribuent à l'acheminement des conversations, c'est-à-dire, ce qu'est la transmission sur l'ensemble du système. La figure 10 représente les courbes fréquence/affaiblissement relatives à une ligne aérienne non pupinisée en cuivre, longue du 5.472 km.; la courbe A a été tracée d'après les valeurs obtenues lorsque la ligne était pourvue de répéteurs appropriés; B, d'après les résultats basés sur l'emploi de répéteurs imaginaires donnant des gains uniformes à toutes les fréquences; C d'après les résultats obtenus lorsqu'on intercalait sur la ligne des répéteurs qui ne convenaient pas pour cette ligne. Il existait sur la ligne 12 répéteurs en tandem; les résultats sont vraiment remarquables. La courbe A montre qu'entre les fréquences 400 et 1.800, un relais, construit spécialement pour s'adapter à la ligne, produit un gain total de l'ordre de 12 m.c.s. D'autre part, la courbe B indique que le gain théoriquement réalisé par le répéteur idéal ne serait pas satisfaisant en ce sens que la caractéristique fréquence/amplification serait alors très mauvaise en raison de la distorsion de la fréquence. Enfin, la courbe C montre qu'un répéteur convenant parfaitement à une ligne donnée peut nuire à la bonne qualité de la transmission si on l'intercale sur toute autre ligne.

Puisqu'il n'a pas été possible jusqu'ici de transmettre également bien toutes les fréquences, il est évident qu'il faut trouver un compromis quelconque. Si une ligne est formée de plusieurs sections, — dont chacune aura été l'objet d'un arrangement spécial, — il pourra se faire que le résultat final soit pitoyable, simplement par suite de ce que les arrangements auront été pris sans unité de vues.

Quand ils fonctionnent, les répéteurs doivent donner une amplification constante, sans quoi la voix ne serait pas reproduite comme il convient. Supposons un circuit à quatre fils Rotterdam-Milan (810 km) muni de cinq répéteurs dont les gains respectifs sont de 23, 30, 30, 30 et 23 m. c. s., soit, en moyenne, de

27, 2 m. c. s. ; il nous suffit d'envisager le cas où les amplifications successives diminuent puisque les « gains » ont été réglés pour être les plus élevés possibles pratiquement. Supposons

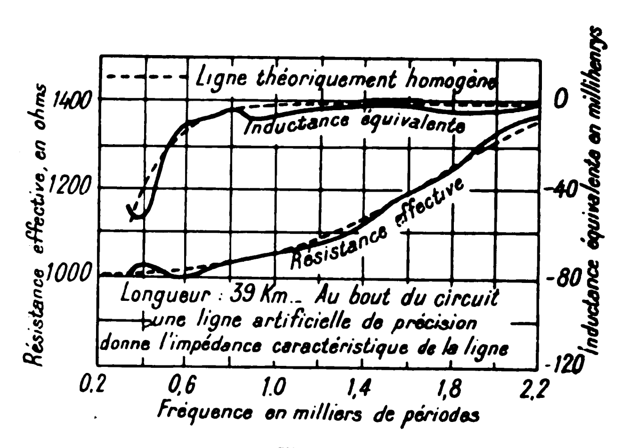


Fig. 9.
Courbe impédance/fréquence d'un circuit fantôme de câble moyennement pupinisé. Diamètre des fils des combinants : 1 mm.

encore que, sans répéteurs, la ligne ait un équivalent de transmission de 148 m. c. s.; on peut en déduire l'affaiblissement de l'installation, puisque la somme des amplifications est égale à $5 \times 27{,}2 = 136$ m. c. s.; l'affaiblissement est égal à $148 - 136$ m. c. s., soit 12 m. c. s. Admettons maintenant que pour une cause quelconque, le gain procuré par chaque répéteur perde 2 % de sa valeur; cela représente pour chacun 0,54 m. c. s. et 2,7 m. c. s. pour les cinq répéteurs ; on voit ainsi que l'affaiblissement total de la ligne passe de 12 à 14,7 m. c. s., soit une augmentation de 23 %. Si le gain procuré par chaque relais perd 7,5 % de sa valeur, l'affaiblissement supplémentaire total sera de l'ordre de 10,1 m. c. s. c.-à-d. que l'affaiblissement sur l'ensemble de l'installation passera, en ce cas, de 12 à 22,1 m. c. s., soit un accroissement de 84,5 %. Cet affaiblissement serait probablement cause que la ligne deviendrait inutilisable. J'ai choisi ces exemples pour mieux montrer l'extrême importance de l'uniformité de construction, d'entretien et d'exploitation des lignes à longue distance. Nous verrons plus loin quelles sont les

conséquences pratiques de cette remarque. Les exemples choisis n'ont rien d'exagéré, au contraire ; on aurait pu prendre comme exemple une ligne munie de 20 relais en tandem ; de plus, le gain fourni par chaque répéteur est variable suivant les fréquences.

Fort heureusement, la construction des répéteurs a été suffisamment perfectionnée pour permettre de tabler sur des amplifications constantes, à condition bien entendu d'employer un type de répéteur convenable et d'observer les instructions relatives à l'entretien et aux réglages des répéteurs ; certaines de ces instructions prévoient des essais qui permettent de reconnaître quand un amplificateur, une lampe à vide, etc... sont sur le point d'être mis hors d'usage ; mais, on ne peut maintenir rigoureusement les grains prévus qu'en opérant de la même manière dans toutes les stations de relais.

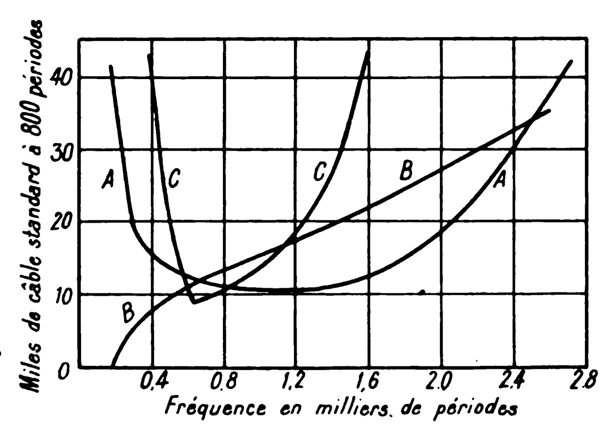


Fig. 10.
Caractéristiques affaiblissement/fréquence d'une longue ligne aérienne en fil nu.

Si la ligne est aérienne, c.-à-d. exposée à de grands écarts de température, sa résistance varie souvent et l'équivalent de transmission, pour l'ensemble de la ligne, change également.

Au cas où ces changements sont très prononcés, on peut y remédier automatiquement ; s'ils sont peu accentués, on y remédie par des réglages précis. Mais de toutes façons, une conclusion s'impose : pour obtenir les meilleurs résultats, il faut que

le personnel des diverses stations de répéteurs se conforme aux mêmes instructions, pratique de la même manière, et soit soumis à un contrôle unique.

D'autre part, lorsque des interruptions se produisent sur les circuits importants, il faut y remédier d'urgence ; on est alors parfois forcé d'emprunter provisoirement de nouvelles lignes pour assurer le service. Mais ces mesures provisoires peuvent affecter l'équilibre entre la ligne artificielle et la ligne réelle au poste-relais ; en pareil cas, il faut modifier le degré d'amplification du répéteur (ce qui le plus souvent imposera semblable manœuvre dans les autres stations de relais le long de la ligne), ou bien faire subir certains changements à la ligne artificielle. Si l'on pouvait prévoir à l'avance tous les cas d'interruptions probables, il serait sans doute possible, sinon très économique, de préciser les méthodes applicables dans tel ou tel cas ; mais on ne peut rêver pareille chose, et il ne reste vraiment qu'une solution pratique, à savoir : organiser une surveillance unique de la ligne de bout en bout.

Nous avons vu que la pupinisation réduit l'affaiblissement et nuit un peu à la netteté sur les lignes aériennes en fil nu, tandis que, sur les circuits de câble, elle réduit l'affaiblissement et améliore la netteté de l'articulation. En appliquant aux circuits munis de répéteurs, une énergie plus considérable, on peut remédier à l'affaiblissement. Il n'est donc plus nécessaire de sacrifier une partie de la qualité de la transmission sur les circuits aériens en fil nu en les pupinisant pour réduire l'affaiblissement ; les répéteurs assurent cette réduction. Toutefois, nous avons vu que sur les circuits en câble, la pupinisation était nécessaire pour remédier dans une certaine mesure à la distorsion des fréquences. En conséquence, les lignes aériennes en fil de gros calibre ne sont plus pupinisées aujourd'hui, mais seulement munies de répéteurs ; l'articulation est ainsi rendue meilleure, et, en outre, la vitesse de propagation, accrue, ne souffre plus autant des phénomènes de réflexion fatalement occasionnés par les récepteurs puissants. D'autre part, la pupinisation des circuits en câble s'impose toujours ; elle ne saurait être aban-

donnée puisqu'elle est indispensable pour réduire la distorsion des fréquences, mais on a tendance à pupiniser ces circuits moins fortement en vue d'augmenter la vitesse de propagation ; en même temps, on diminue l'importance des phénomènes de réflexion, qui, en raison de la réduction de la vitesse de propagation et de la grande longueur électrique des circuits de câble pupinisés, méritent de retenir spécialement l'attention.

Circuits à courants porteurs. — En cherchant à accroître le rendement des lignes téléphoniques et télégraphiques, on a trouvé et mis récemment au service commercial le système dit à courants porteurs (carrier system), qui est venu s'ajouter aux systèmes des circuits combinés et des circuits téléphoniques appropriés à la télégraphie. Le nouveau système consiste à employer pour chaque communication nouvelle un courant porteur ayant une fréquence élevée propre.

Si les communications servent en même temps pour la téléphonie ordinaire, les courants porteurs doivent avoir une fréquence supérieure aux fréquences téléphoniques limites.

Grâce à des filtres de fréquence, on fait passer sur chaque nouvelle communication les seules fréquences convenables ; ainsi, sur un circuit téléphonique combiné, on peut employer des courants porteurs dont les fréquences sont comprises dans 4 ou 8 bandes distinctes de fréquences, dont les limites extrêmes sont 4.000 et 27.000 périodes par seconde. Chaque courant porteur est modulé à part, au moyen du courant de conversation à transmettre sur une communication à haute fréquence donnée, et toutes les ondes porteuses modulées, ou toutes celles appartenant à une bande déterminée seulement, sont transmises sur la ligne sans les courants porteurs. A l'arrivée, les ondes sont filtrées, et dirigées suivant leur fréquence sur une communication ou sur une autre, puis elles sont modulées : le courant de conversation peut alors être acheminé sur un circuit ordinaire. En raison de la fréquence élevée des ondes porteuses, elles s'affaiblissent beaucoup plus que les ondes sonores ; il faut donc sur la ligne un plus grand nombre de répéteurs pour les courants porteurs que pour les courants de

conversation ; pour la même raison, les courants porteurs ne sauraient être transmis sur des lignes pupinisées ordinaires; en effet, nous avons vu que sur celles-ci toutes les fréquences dépassant la fréquence téléphonique limite sont étouffées. Par suite, si l'on a besoin de pupiniser les circuits à courants porteurs, il faudra les équiper spécialement. De même, des mesures spéciales sont prises pour la construction et l'entretien des lignes à courants porteurs et des divers organes. L'équipement de ces lignes étant forcément très coûteux, elles doivent, pour être économiques, avoir une longueur considérable.

Les récents perfectionnements procurent des avantages énormes dont nous allons donner une idée. Sur la ligne New-York-San-Francisco, les circuits sont aériens entre Harrisburgh et San Francisco, c'est-à-dire sur une distance de 4.050 kilomètres. Quatre conducteurs de la ligne procurent :

2 circuits téléphoniques ordinaires,

1 circuit combiné,

4 lignes télégraphiques avec retour par la terre,

enfin, un nombre de liaisons télégraphiques à haute fréquence variable entre 6 et 20.

Sur les deux sections de la ligne, indiquées ci-dessous on a les communications ci-après :

Entre Chicago et Omaha (729 km.), avec quatre fils aériens :

2 circuits téléphoniques ordinaires,

1 circuit téléphonique combiné,

4 lignes télégraphiques avec retour par la terre, utilisables à volonté, dans les deux sens ou dans un seul sens,

20 liaisons télégraphiques à courant porteur bilatérales, soit un total de 27 communications (fig. 11).

Entre Chicago et Pittsburg (729 km.), avec huit fils aériens :

4 circuits téléphoniques ordinaires,

4 moitiés de circuits téléphoniques combinés (ce qui équivaut à 2 circuits entiers),

8 lignes télégraphiques avec retour par la terre, utilisables à volonté dans les deux sens ou dans un seul sens,

20 liaisons télégraphiques à courant porteur bilatérales, soit un total de 31 communications.

Sur une autre ligne américaine posée *entre New-York et Philadelphie* (145 km.), deux conducteurs de câbles, donnent, sans liaisons par courants porteurs :

1 circuit téléphonique ordinaire,

30 circuits de signalisation spéciaux,

soit un total de 31 circuits sur deux fils.

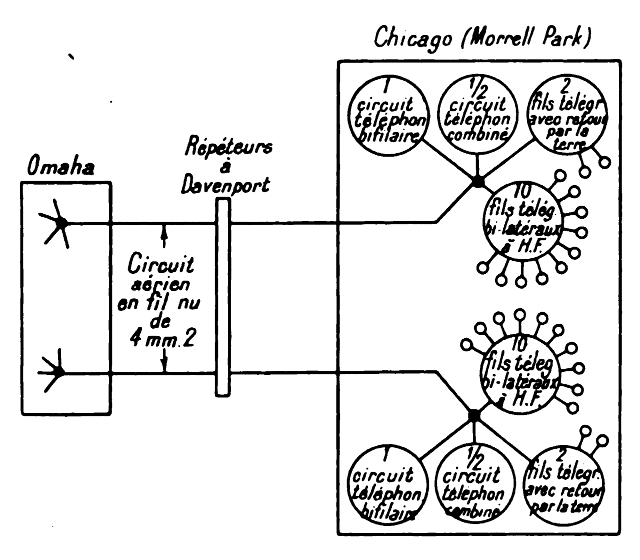


Fig. 11.
Diagramme des diverses communications en service entre Chicago et Omaha.

Entre Chicago et Omaha ou entre Chicago et Pittsburg, la distance est sensiblement la même qu'entre Paris et Berlin, Paris et Marseille, ou Londres et Milan. Entre New-York et Philadelphie, la distance est sensiblement la même qu'entre Londres et Birmingham. Aujourd'hui on compte aux États-Unis nombre de communications à haute fréquence, qui fonctionnent normalement ; le tableau ci-dessous en donnera une idée.

	Longueur de fil	Longueur des circuits
Liaisons téléphoniques à H. F.	4.776 miles	16.576 miles
» télégraphiques à H. F.	10.919	78.870
Total =	15.695 miles	95.446 miles

Mélanges apparents de conversations. — Semblables installations exigent, si l'on veut éviter les phénomènes de cross-talk, une construction plus soignée que pour les lignes à longue distance ordinaires. Il faut notamment que d'un bout à l'autre des lignes téléphoniques, les deux branches des circuits aient une admittance égale par rapport à la terre, et même impédance en série, et cela pour toute la gamme des fréquences téléphoniques. Cette condition s'impose absolument ; jusqu'ici, on a pu obtenir une approximation satisfaisante dans la pratique.

La figure 12 représente les variations de la résistance effective sur un circuit combiné aérien non pupinisé (diamètre du fil des combinants : 4 mm. 2), lorsqu'il était en bon état, et lorsqu'il y avait une terre accidentelle en un point situé à 266 km. de l'endroit où les mesures avaient lieu. Des ruptures d'équilibre peuvent encore se produire par suite de raccords défectueux, de rotations incorrectes, de mauvais isolement, de défauts dans les appareils ou d'un mauvais entretien de ceux-ci. Enfin, les mélanges apparents comme conséquence d'un défaut d'équilibre, peuvent être accentués par les répéteurs, puisque les phénomènes de « cross-talk » sont susceptibles de se produire lorsqu'on applique à la ligne une quantité d'énergie trop considérable.

Interférence. — Il est une question qui prend chaque jour une importance plus grande ; c'est celle des phénomènes d'interférence, c'est-à-dire les phénomènes d'induction occasionnés sur les lignes à courants faibles par les lignes de lumière, de transport d'énergie et de traction électrique.

L'ingénieur des télégraphes et téléphones doit combattre les effets des troubles inductifs : bruits gênants, faux appels, mise hors service des conducteurs, dangers d'incendie, commotions acoustiques, commotions électriques, etc...

Nous avons traité plus haut le problème de l'équilibre des circuits téléphoniques ; avant de passer au même problème se rapportant aux lignes d'énergie, il nous paraît utile de donner une idée des effets produits aux différentes fréquences.

La figure 13 représente l'effet produit dans un récepteur

téléphonique par un courant constant à différentes fréquences simples. Les phénomènes d'induction sont, on le voit, très variables ; on peut déduire de l'allure de la courbe l'importance que présente la forme de l'onde parcourant les lignes d'énergie.

Il peut arriver que les composantes résiduelles et équilibrées des tensions et courants de la ligne d'énergie soient la cause de perturbations auxquelles l'ingénieur des téléphones ne peut apporter aucun remède. C'est ainsi qu'une ligne triphasée, sur laquelle des rotations convenables n'ont pas été faites, est un système non équilibré ; tout changement apporté à l'écartement des fils ou à leur élévation au-dessus du sol exercera une certaine influence sur l'équilibre par rapport à la terre ; et ceci a, en général, une plus grande importance que l'équilibre de charge entre phases. On remédie, dans une large mesure, à l'inconvénient signalé en transposant les fils de la ligne d'énergie. Mais, même bien équilibrées, les lignes à haute

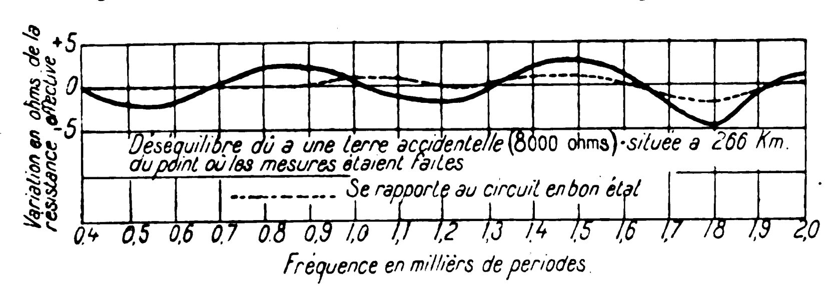


Fig. 12.
Courbe des variations de la résistance effective sur un circuit combiné non pupinisé (diamètre du fil des combinants aériens : 4 mm. 2).

tension deviennent une source de perturbations lorsque l'équilibre est rompu accidentellement, par exemple lorsqu'on coupe la ligne ou qu'on la court-circuite ; il arrive encore que les perturbations soient dues à un défaut de montage des circuits et appareils de commutation, qui passe inaperçu aux yeux de l'ingénieur électricien, mais qui est fort gênant sinon dangereux, pour l'ingénieur des télégraphes et téléphones.

Donc, il faut absolument reconnaître que les télégraphes, les

téléphones et les réseaux de signalisation des chemins de fer (qui constituent le groupe des lignes à courants faibles), d'une part, les lignes de lumière, de transport d'énergie et de traction électrique (qui constituent le groupe des lignes à courants forts) d'autre part, sont aussi nécessaires les uns que les autres à la communauté, qu'ils doivent vivre en parfaite harmonie et non se gêner plus ou moins mutuellement. Il importe aussi de reconnaître qu'en abordant sérieusement ce problème difficile il

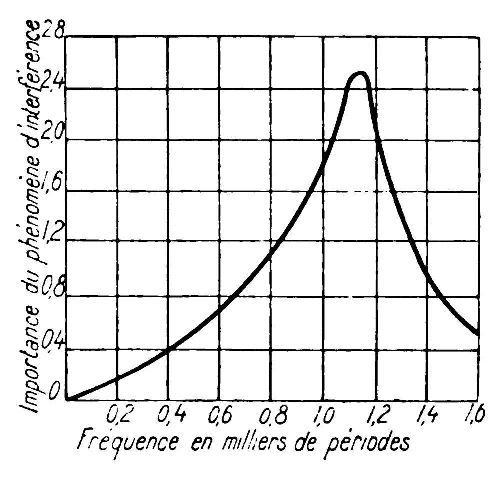


Fig. 13.
Effet produit dans un récepteur téléphonique par divers courants de fréquence simple.

ne peut et ne doit y avoir aucune prétention à un traitement meilleur que celui consenti au voisin. Les compagnies d'éclairage, de transport de force ou de traction électrique ont tort de dire : « Laissez se débrouiller les compagnies télégraphiques et téléphoniques » ; celles-ci ont tort de dire : « Les compagnies électriques doivent s'arranger pour que nos installations actuelles ne souffrent pas du voisinage de leurs lignes. » Il n'existe qu'une seule solution raisonnable. Que les ingénieurs intéressés se réunissent, qu'ils cherchent sans idée préconçue le meilleur moyen de remédier à ces perturbations ; qu'une fois trouvées les méthodes les plus satisfaisantes et les plus économiques, mais alors seulement, ils abordent la question des frais incombant

à chacune des parties. Des difficultés insurmontables surgissent le plus souvent parce que chacun s'évertue à rejeter la responsabilité des troubles sur l'autre, avant toute discussion des faits.

L'étude des troubles par interférence faite en collaboration a donné d'excellents résultats ; parfois (cas d'électrolyse) l'industrie électrique a reconnu avantageux d'éviter certains défauts de construction relevés à la suite des plaintes des sociétés d'éclairage. Dans tous les cas le succès est certain si chacune des parties apprend à connaître les problèmes qui se posent à l'autre et apprécie les efforts faits par celle-ci pour les résoudre.

Jusqu'ici, une ligne téléphonique à longue distance était une construction relativement simple ; elle consistait seulement en une paire de conducteurs en cuivre, soit aériens, soit renfermés sous enveloppe isolante (câble téléphonique) ; elle pouvait être entretenue facilement par des équipes indépendantes opérant tout le long de la ligne. Mais, l'emploi des répéteurs et des bobines Pupin a porté un coup fatal à cette grande simplicité ; la construction des circuits interurbains est aujourd'hui très compliquée et les diverses sections de ligne dépendent l'une de l'autre. On ne peut plus songer à entretenir les lignes section par section, car ce qu'on fait sur une section réagit sur le fonctionnement des sections voisines : la ligne doit être considérée et entretenue comme un tout.

Par conséquent, nous pourrons retirer certains avantages de la construction de circuits directs, mais à condition de prendre toutes les précautions nécessaires pour assurer leur bon entretien. On aurait tort de croire que nous pouvons profiter de nos connaissances actuelles sur ce sujet sans prendre les mesures d'application qui s'imposent. Les avantages à escompter sont les suivants :

Accroissement considérable des distances sur lesquelles on peut obtenir une communication.

Augmentation considérable du nombre des voies de communication téléphoniques et télégraphiques qu'on peut se procurer sur une même paire de conducteurs.

Accroissement notable du nombre des circuits renfermés dans

un câble ; ce nombre sera tel qu'on serait incapable de trouver une place suffisante pour construire tous les circuits s'ils devaient être aériens.

Abaissement sensible des frais annuels d'entretien des circuits et amélioration de la qualité des communications téléphoniques. Une plus grande sécurité pour le service du fait que les circuits sont logés dans des câbles.

Accélération notable du service en raison du nombre plus élevé des circuits.

Pour se procurer les avantages énumérés ci-dessus, il faut porter son attention sur les points principaux suivants :

Savoir d'une manière précise la nature du trafic incombant à chacune des lignes, c'est-à-dire nécessité d'établir des plans à l'avance.

Calculer le rendement à exiger de la ligne tout entière.

Définir les règles de transmission lorsque la ligne est empruntée sur toute sa longueur.

Définir les règles de transmission lorsque la ligne est prolongée par d'autres lignes (lignes des réseaux ou lignes d'abonnés).

Organiser un service d'entretien unique pour l'ensemble de la ligne.

Préciser quel devra être, pour toute la ligne, l'importance des amplifications procurées par les répéteurs.

Organiser une surveillance unique du fonctionnement de la ligne sur toute sa longueur.

Parfaire l'instruction professionnelle du personnel technique chargé de la transmission, de l'entretien des lignes et de la direction des services. Si le personnel ne connaît pas le service dans tous ses détails, il est impossible de retirer tous les bénéfices qu'on est en droit d'attendre. Il ne suffit pas que quelques ingénieurs d'une administration quelconque soient familiarisés avec ces questions ; elles doivent faire partie des connaissances générales de tous ; ceci est particulièrement vrai en ce qui concerne les problèmes de la transmission, qui doivent être connus de tout le personnel chargé de la transmission et qu'il faut lui faire connaître d'une manière ou d'une autre à des degrés divers.

LA SITUATION DU SERVICE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES

LES RÉFORMES NÉCESSAIRES (1)

I

La situation financière et technique.

L'exploitation du service des P.T.T., qui s'est soldée jusqu'en 1915 par un excédent de recettes est actuellement déficitaire. Le coefficient d'exploitation a été de 160 p. 100 en 1919 ; de 116 p. 100 en 1920 de 110 p. 100 en 1921 (2).

Ce déficit est imputable en grande partie à l'insuffisance de l'outillage, principalement de l'outillage téléphonique négligé pendant la guerre et qui ne répond nullement aux exigences du trafic. Cette insuffisance paralyse dangereusement l'activité économique du pays et provoque les protestations légitimes du public.

Rétablir l'équilibre financier de l'exploitation, lui donner les moyens d'assurer un service satisfaisant, tel est donc le double objectif à atteindre dans le délai le plus court.

Il sera de bonne méthode de procéder d'abord à la revision du monopole postal afin d'en éliminer l'accessoire, c'est-à-dire ce qui est susceptible d'être assuré à moindres frais par l'initiative privée. Il restera ensuite à appliquer aux services ainsi allégés les procédés de gestion les plus modernes et les plus économiques.

Circonscrire et *moderniser* le monopole ; le programme de réforme du service des Postes se résume en ces deux mots.

---

(1) Extrait du Plan de réorganisation des Postes et Télégraphes présenté par M. Paul Laffont, Sous-Secrétaire d'Etat des Postes et des Télégraphes.

(2) Cf. Le tableau ci-après : La situation financière du service des P.T.T. de 1913 à 1922.



La situation financière du service des P.T.T.

I. — *Dépenses totales et recettes brutes de* 1913 à 1922 (en milliers de francs).

ANNÉES	DÉPENSES TOTALES (1)	RECETTES BRUTES
1913	346.851	411.157
1914	350.925	364.482
1915	345.389	294.193
1916	367.726	332.850
1917	440.794	402.532
1918	632.962	450.304
1919	1.264.719	579.331
1920	1.322.294	938.532
1921	1.497.560	1.088.454

II. — *Dépenses et recettes d'exploitation de* 1915 à 1922 (2).

ANNÉES		DÉPENSES	RECETTES	COEFFICIENT D'EXPLOITATION
Bénéficiaires	1915	360.690	544.087	66 p. 100
	1916	376.974	617.232	60 —
	1917	435.005	841.239	51 —
	1918	650.175	865.117	75 —
Déficitaires	1919	1.218.919	759.675	160 —
	1920	1.247.543	1.069.136	116 —
	1921	1.344.292	1.221.841	110 —

II

Circonscrire le monopole.

La Poste est une entreprise de transports : de lettres ou de petits colis, — de crédit (mandats, chèques, etc.) — de pensée et de parole (télégraphe et téléphone avec ou sans fil).

La nécessité d'assurer ces transports avec toutes garanties de con-

(1) Jusqu'à 1915 inclus, droits constatés. De 1916 à 1921, montant des ordonnancements.

(2) Calculées conformément au projet de budget annexe. Cf. Titre III. La réforme financière.

tinuité et d'impartialité et d'en soustraire la gestion, notamment les tarifs, aux aléas du commerce libre, exige l'intervention des pouvoirs publics. Mais rien n'empêche de recourir à l'initiative privée toutes les fois que ces principes ne sont pas en cause.

Déjà, l'industrie privée fournit à la Poste la presque totalité de son matériel, exploite en son nom d'importantes communications télégraphiques internationales, assure de nombreux transports postaux, maritimes, routiers, ferroviaires, aériens.

Il est possible d'élargir cette collaboration, notamment dans les cas suivants :

1° Pour les fournitures et installations qui peuvent être obtenues par appel à la concurrence.

Il n'y a pas de raison pour que l'Administration assume les fabrications de matériel, les fournitures d'équipements de force motrice, etc. qui lui sont indispensables, lorsque l'intérêt général n'est pas engagé et que les garanties nécessaires sont prises. Ce n'est pas une question de principe, c'est une *question de fait* posée par la comparaison des prix de l'industrie avec le coût du travail en régie.

Si l'Administration a dû autrefois assumer certains travaux, c'est que les industries correspondantes n'existaient pour ainsi dire pas ; par exemple, la construction des lignes. Il existe aujourd'hui de puissantes entreprises de transport de force, de distributions électriques, aptes à installer nos réseaux. La comparaison des prix obtenus par l'Administration et par des entreprises privées a fait apparaître, dans certains cas, en faveur de ces dernières, une différence sensible.

L'Administration assume encore certaines fabrications qui constituent un quasi-monopole de fait. Dans ce cas elle agit comme régulateur des prix. Mais, que l'industrie correspondante se développe et que la concurrence puisse jouer, alors elle aura intérêt à abandonner une entreprise étrangère à ses fins essentielles. Par exemple, l'atelier du timbre procède lui-même au gommage du papier. L'industrie du papier gommé s'étant développée, il convient d'envisager l'abandon progressif de cette annexe industrielle du monopole.

2° La collaboration de l'initiative privée doit être également recherchée pour les exploitations exigeant une activité commerciale particulière.

Lorsqu'il faut attirer la clientèle, user de réclame, offrir des conditions spéciales à certains usagers, les entreprises privées obtiennent de meilleurs résultats que les agents d'une administration publique. C'est ainsi que l'Administration des P.T.T. a eu recours à des concessionnaires lorsqu'elle a demandé des ressources nouvelles à l'exploitation de ses moyens de publicité. Pour la publicité murale les résultats sont les suivants :

1921. (Régie)	371.000 francs
à partir de 1923 (Minimum garanti par le concessionnaire)	2.000.000 —

Le bénéfice total des publicités concédées dépassera vraisemblablement, en 1923, 3 millions.

Le régime de la concession paraît également avantageux pour la pose et l'entretien d'appareils automatiques dans des lieux publics ou chez des commerçants à la disposition de la clientèle. Exemple : les appareils téléphoniques à prépaiement dont un certain nombre ont été déjà posés par l'Administration à titre d'essai.

3° La collaboration de l'initiative privée est utile enfin pour l'exploitation des communications internationales, toutes les fois notamment qu'il y a lieu de lutter contre la concurrence de compagnies étrangères.

C'est ainsi que l'exploitation du câble transatlantique ex-allemand Brest-Açores-New York a été confiée à la Compagnie française des câbles. Il est procédé dans le même esprit, à l'étude des moyens propres à améliorer l'exploitation des câbles qui relient la France à l'Amérique du Sud et à réaliser leur prolongement.

Enfin, la Convention passée le 29 octobre 1920 entre le Sous-Secrétaire d'État des P.T.T. et la Compagnie générale de T.S.F. a eu précisément pour objet d'empêcher les Compagnies étrangères d'accaparer, par les procédés commerciaux auxquels une administration d'Etat peut difficilement se plier, le trafic international en provenance ou à destination de la France.

Après avoir allégé de la sorte l'exploitation du monopole, il faut en assurer la gestion d'une manière économique, il faut le *moderniser*, c'est-à-dire :

1° Lui fournir l'outillage industriel qui lui manque.

2° Substituer aux méthodes bureaucratiques des méthodes commerciales.

III

Moderniser l'outillage

Dans toute entreprise industrielle, *le développement rationnel de l'outillage* est le meilleur moyen de *réduire les dépenses de personnel, d'augmenter le volume des affaires et d'alléger les frais généraux.*

Il convient donc d'analyser la série des opérations qui constituent les éléments du *transport* postal, télégraphique ou téléphonique, de rechercher quelles sont celles de ces opérations qui peuvent être

effectuées mécaniquement et de chiffrer les économies à réaliser de ce fait.

Un programme général de réfection et d'extension de l'outillage a été dressé (1). L'exécution s'étendra sur dix années. Les dépenses de premier établissement qui y sont prévues sont des dépenses productives. Elles auront le triple avantage :

1° De *stimuler le trafic* et de développer ainsi non seulement les recettes du service mais encore le rendement général des impôts ;

2° D'*augmenter l'actif du pays*, par conséquent son crédit à l'extérieur comme à l'intérieur ;

3° De *permettre des économies* sur les frais annuels d'exploitation.

Quelques exemples pris dans chacun des services permettront d'apprécier l'importance des avantages financiers à retirer de ces dépenses d'outillage.

a) Au téléphone, le développement des *circuits interurbains* est susceptible de produire une sérieuse augmentation de recettes.

Le nombre de communications interurbaines annulées au départ, atteint actuellement 200 p. 100 sur certains circuits internationaux ; il est de près de 15 p. 100 sur l'ensemble des circuits reliés au Poste central de Paris.

Si l'on observe que le nombre des demandes est lui-même réduit par la crainte des attentes excessives auxquelles le public est exposé (2) on peut affirmer que si l'on pouvait immédiatement tripler le nombre des circuits internationaux, doubler le nombre des grands circuits interurbains et augmenter de 50 p. 100 celui des petits circuits, ces relations supplémentaires fonctionneraient à plein rendement au bout de quelques mois ; le trafic interurbain, qui a atteint en 1921 près de 65 millions de communications, pourrait ainsi être porté à 120 millions et procurerait un supplément de recettes de 110 *millions*.

b) La substitution de *câbles téléphoniques* à grande capacité aux lignes aériennes permettra d'écouler ce trafic à des prix de revient avantageux tout en améliorant la qualité et la rapidité du service.

Ainsi, le projet de câble entre Paris et Strasbourg (500 km.) comporte 100 circuits entre Paris et Nancy et 50 entre Nancy et Strasbourg. Il permettra d'écouler environ 20.000 communications par jour au lieu de 5.000 aujourd'hui. La dépense totale de premier établissement est évaluée à 100 millions alors que le coût d'un nombre égal de circuits ordinaires serait de 123 millions. Par les circuits existants le prix de

(1) Cf. Titre II. Le programme de réfection et d'extension de l'outillage.

(2) Les délais d'attente atteignent, à Paris, aux heures chargées : pour Strasbourg cinq heures ; pour Bordeaux, Lille, Lyon, Marseille, plus de quatre heures.



revient des communications est de 7 fr. 15. Il ne sera plus que de 4 fr. 70 par le câble projeté.

D'une façon générale, pour les distances comprises entre 300 et 900 kilomètres, l'économie réalisée par la substitution de câbles à grande capacité aux circuits ordinaires varie de 1 fr. 15 à 7 fr. 60 *par communication.*

c) Dans les centraux téléphoniques importants, la substitution du *système automatique* au système manuel permettra de réduire les dépenses d'exploitation.

Dans un réseau moyen de 10.000 abonnés donnant 15.000 communications à l'heure la plus chargée, l'économie sera de 150.000 francs soit *plus de* 10 *p.* 100. A Paris, pour un trafic moyen de 3.000 communications par an, les dépenses par ligne d'abonné sont de 780 *francs* au manuel, et de 630 *francs* à l'automatique, soit, pour 100.000 abonnés, une économie de 15 *millions*, représentant *plus de* 19 *p.* 100 des dépenses.

d) Au télégraphe la *transmission automatique* par bandes perforées permettra la substitution d'auxiliaires dactylographes à un certain nombre d'agents et une augmentation notable du rendement. L'économie réalisée par l'équipement automatique des grandes communications sera, compte tenu du renforcement nécessaire des mécaniciens, d'environ *3 millions.*

Enfin la commande à distance des grandes stations de T.S.F. de Bordeaux et de Lyon à partir du Bureau Central radiotélégraphique de Paris permet une économie de 58 unités, soit *510.640 francs.*

e) A la poste, les principales économies proviendront d'une réorganisation générale des courriers par transports automobiles, de l'usage généralisé de la bicyclette par les facteurs et de l'extension systématique du machinisme dans les bureaux et ateliers : tapis roulants, machines à affranchir, à oblitérer, à peser, à calculer, à enregistrer, à trier, etc.

Exemple : les services de fabrication des timbres-poste ont mis récemment à l'essai une machine qui permet d'économiser dix ouvriers et ouvrières soit 50.000 francs par an. Le coût de la machine étant de 65.000 francs, c'est au minimum, et en tenant compte du capital engagé, un bénéfice net annuel de plus de 40.000 francs par machine (1).

(1) Des études ont été faites sur l'outillage mécanique des services postaux dont plusieurs ont été publiées sous forme d'articles dans les *Annales des P.T.T.*

Cf. notamment *Annales*, 1920, p. 9. (Les transporteurs et le service postal.) *Id.*, p. 235. « Installations mécaniques dans le service postal anglais».

IV

Employer les méthodes commerciales.

S'il est juste de renoncer au point de vue étroitement *fiscal* qui a longtemps entravé le développement des services postaux, il paraît nécessaire pour leur bonne gestion financière d'adopter désormais un point de vue *commercial*, c'est-à-dire : faire payer à leur prix les services rendus et comprimer ces prix le plus possible.

Examinons les conséquences éventuelles de cette attitude en ce qui concerne les tarifs, les méthodes administratives et le personnel.

1° *Les tarifs.* — Des tarifs commerciaux doivent être établis en vue d'*attirer la clientèle*, de *développer les affaires* et de *couvrir les prix de revient*, frais généraux compris.

La loi récente du 30 juin 1922 a eu précisément pour but de remédier à la diminution de trafic causée par l'exagération de certains relèvements de tarifs. Le trafic des cartes postales illustrées, dont la taxe a été ramenée de 0 fr. 20 à 0 fr. 10, a immédiatement augmenté de plus de 80 p. 100 par rapport à la période correspondante de 1921 : il tend à se rapprocher du trafic d'avant-guerre, qui a été en 1913 de plus de 400 millions de cartes.

La loi du 23 juillet 1921, en étendant aux taxes télégraphiques internationales la règle du paiement en or des taxes postales imposée par la Convention de Madrid, a permis de couvrir les prix de revient et de supprimer une perte de 6 *millions* par an. L'application prudente qui a été faite de cette loi (1) a d'ailleurs permis d'éviter un fléchissement sensible du trafic.

Le projet de loi déposé le 12 janvier 1922 est un essai de tarifs commerciaux appliqués au téléphone. Faire payer la valeur du service rendu comme pour le gaz, l'électricité, l'eau ; mettre le téléphone à la portée de la masse des petits usagers ; accorder des tarifs dégressifs à la clientèle de gros : tels en sont les principes directeurs. Ce projet se combine avec le programme d'extension de l'outillage et le projet de réforme financière des P.T.T. Créer l'outillage nécessaire pour assurer un bon service, prévoir les moyens financiers de l'établir, attirer par des tarifs rationnels l'importante clientèle que cet outillage permettra de desservir, ce sont les trois actes d'une seule et même politique qui s'oppose nettement au « malthusianisme économique » sou-

(1) Le coefficient d'équivalence du papier à l'or a pu être fixé à un taux notablement inférieur à celui du dollar : 2,2 pour les relations internationales, 1,8 pour les relations franco-coloniales.



vent et justement critiqué. Si l'on observe qu'avec le médiocre outillage et la tarification défectueuse qui gênent actuellement leur développement, les recettes téléphoniques s'accroissent néanmoins en moyenne d'une vingtaine de millions par an, il est permis d'espérer d'une politique commerciale bien étudiée, des plus-values importantes. Le total des recettes téléphoniques, qui a été de 233 millions pour 1921, pourra être doublé dans quatre ou cinq ans si les dépenses nécessaires d'outillage sont faites à temps.

Il est souhaitable que la France, qui vient seulement au huitième rang des nations civilisées quant au pourcentage des postes téléphoniques par rapport à la population, prenne en cette matière la place que lui assigne son importance économique et politique.

Le tableau ci-après permet de comparer quelques-uns des tarifs proposés tant avec les tarifs actuels qu'avec ceux en vigueur à l'étranger.

TABLEAU COMPARATIF DES TARIFS TÉLÉPHONIQUES.

1° *Somme à débourser par un nouvel abonné.*

	Tarifs actuels		*Nouveaux tarifs.*	
Paris	Abonnement forfaitaire..	700 fr.	Redevance minima.	350 fr.
	Contribution initiale.....	700 fr.	Contribution supprimée...	»
	Achat de l'appareil.......	300 fr.	Fourniture gratuite de l'appareil..............	»
	Total...	1 700 fr.	Total..............	350 fr.
Réseau de 200 à 2000 *abonnés*	Abonnement........	300 fr.	Redevance minima........	200 fr.
	Installation pour 1 km de ligne............	600 fr.	Installation gratuite jusqu'à 2 km................	»
	500 conversations à 0 fr. 25.............	125 fr.	500 conversations gratuites....................	»
	Total...........	1 025 fr.	Total........	200 fr.

2° *Redevances annuelles d'un petit, d'un moyen et d'un gros abonné à Paris, Londres et New York.*

	Pour 1000 communications	Pour 3000 communications	Pour 8000 communications
Paris. — *Tarifs actuels* (régime forfaitaire).	700 fr.	700 fr.	700 fr.
Paris. — *Nouveaux tarifs* (conversations taxées avec tarifs dégressifs)...........	450 fr	850 fr.	1 820 fr.
Londres (Exploitation d'État ; conversations taxées)................................	737 fr. (1)	1 362 fr.	2 925 fr.
New York (Cies privées, tarifs à paliers, avec conversations taxées)......................	625 fr. (2)	1 575 fr.	3 175 fr.

(1) La livre comptée à 50 francs.
(2) Le dollar compté à 12 fr. 50.

Puisque le service des Postes doit être géré commercialement, il faut, d'autre part, qu'il reçoive une rémunération convenable pour tous les services qu'il rend à d'autres administrations publiques ou privées. Tel est le principe inscrit dans le projet de loi sur la réforme financière.

Il sera ainsi possible de mettre fin aux abus que peut entraîner le système actuel des franchises qui pèsent sur l'équilibre financier du service. Déjà la suppression de la franchise télégraphique, réalisée par le décret du 27 août 1918, a eu les plus heureux résultats. Avant cette réforme, le nombre des télégrammes officiels transmis gratuitement allait en augmentant. Sur un trafic général d'environ 50 millions de télégrammes, il atteignait en 1911 : 2 370 330 ; en 1913 : 2 463 433. Après la réforme il est tombé en 1921 à 1 350 507 et en 1922 il n'atteindra vraisemblablement pas un million. Le public, tant comme usager que comme contribuable, est le premier bénéficiaire de cet allégement du service officiel.

Enfin, comme dans toute industrie, il peut être avantageux d'offrir à prix réduits des services qui permettent une utilisation complète de l'outillage.

Exemples : la lettre-télégramme qui permet d'utiliser le réseau télégraphique pendant les heures creuses de la nuit ; la lettre-radiotélégramme dont les tarifs avantageux attireront à la T.S.F. la clientèle du trafic colonial (1).

2° *Les méthodes.* — La gestion d'une grande entreprise comme le service des postes exige, pour donner de bons résultats financiers, de la continuité de vues ainsi qu'une direction stable et compétente.

Les projets de loi actuellement soumis aux délibérations du Parlement prévoient les mesures propres à réaliser ces conditions essentielles d'une bonne gestion. Ils rendent obligatoires des programmes d'action à long terme approuvés par un conseil d'administration permanent et indépendant, des rapports périodiques permettant de suivre la marche des affaires, des comptes et bilans destinés à dégager avec sincérité les résultats financiers de chaque exercice.

Le conseil d'administration aura à régler le programme des réformes intérieures et extérieures du service. Parmi les plus urgentes est la

---

(1) La lettre radiotélégramme, transmise par poste dans la métropole et dans la colonie et par T.S.F. entre les deux, offrira au public un mode de communication économique et rapide. Une lettre de 20 mots transmise de Marseille à Saïgon en deux jours coûtera ainsi 55 francs au lieu de 136 fr.80 par câble. Ce tarif réduit est rémunérateur néanmoins pour la station de T. S. F.



réforme de la comptabilité dans le sens d'une simplification et d'une adaptation des écritures aux exigences de la gestion commerciale. L'examen en a été entrepris par un comité d'études composé de spécialistes des questions financières. Les dispositions sont prises pour que le nouveau régime puisse entrer en vigueur le 1[er] janvier prochain, dès le vote de la loi des finances. Il est permis d'espérer qu'une amélioration de la gestion résultera des simplifications réalisées et de l'accélération des paiements. En effet les fournisseurs subissent actuellement, du fait de la lenteur des paiements, des pertes dont ils sont obligés de tenir compte dans leurs prix.

Déjà des simplifications importantes ont pu être apportées à la tenue de divers comptes, au régime des provisions d'abonnés, et à la comptabilité des fiches téléphoniques.

D'une façon générale, pour les travaux de tous ordres, l'établissement de *programmes à long terme méthodiquement exécutés permettra* de sérieuses économies.

Actuellement l'absence de plan d'ensemble officiellement arrêté, la nécessité de recourir pour les circuits téléphoniques à la procédure des avances locales qui entraîne l'exécution de travaux fragmentaires, les réductions systématiques de crédits résultant des difficultés budgétaires et de la confusion dans le budget général des dépenses d'exploitation et des dépenses de premier établissement productives, élèvent considérablement les prix de revient.

Ainsi, dans un réseau téléphonique urbain, les lignes d'abonnés construites, comme elles le sont en France au fur et à mesure des besoins et souvent en retard sur eux, coûtent, sans compter le manque à gagner résultant de ces retards, de 25 à 30 °/₀ *plus cher* que si elles étaient installées, comme en Angleterre, en Allemagne ou aux États-Unis, par séries avec une large marge d'extension.

De même, les travaux de bâtiments sont d'autant plus coûteux, au total, que, pour alléger momentanément les dépenses d'un exercice, on les a plus ralentis.

L'adoption par le Parlement de lois de programmes pour les travaux les plus importants (1), la discussion approfondie devant un conseil d'administration indépendant de plans détaillés d'action d'après lesquels seraient ensuite établis tous les projets de budget, permettront de remédier à ces graves défauts.

Les discussions budgétaires s'en trouveront par ailleurs facilitées et ainsi seront évitées des dépenses stériles. Il arrive, en effet, que lors du vote du budget, des modifications importantes de crédits soient

(1) Cf. Titre II. Le programme de réfection et d'extension de l'outillage.

faites en dernière heure trop hâtivement pour qu'on en puisse calculer la portée. Les erreurs qui en résultent et celles qui sont dues aux aléas inséparables de toute entreprise industrielle ne peuvent être réparées que longtemps après et par la lente procédure des crédits supplémentaires. Il se produit ainsi des à-coups dommageables à la bonne gestion des services : meubles de grand prix ne pouvant être mis en service faute du personnel correspondant ; travaux interrompus alors que le matériel et le personnel sont disponibles parce que les crédits affectés aux indemnités de déplacement sont épuisés, etc.

La collaboration étroite de l'Administration, du Parlement qui la contrôle et du Conseil d'Administration qui sera chargé de suivre de près sa gestion sera le moyen le plus sûr d'éviter désormais ces coûteux inconvénients.

Des avantages sensibles peuvent également résulter d'une meilleure collaboration de l'Administration et du public. Certaines exploitations étrangères s'efforcent de rester en contact avec la clientèle, de lui faire connaître les facilités qui lui sont offertes et de vulgariser leurs méthodes. Ces efforts sont rémunérateurs.

Des dispositions sont envisagées par ailleurs pour fournir à la clientèle de gros (banques, administrations, grandes entreprises, etc.) des avantages spéciaux en échange d'une certaine collaboration : tri préalable du courrier, timbrage et oblitération mécanique des correspondances, etc.

Dans le même esprit, l'extension des facilités postales sera poursuivie, sans augmentation d'effectifs, grâce à la collaboration du public : dans les campagnes, « comptoir postal » comprenant une agence du type répandu par les Allemands en Alsace et en Lorraine, à l'imitation des États-Unis un appareil téléphonique et éventuellement un poste récepteur de T.S.F. — dans les villes, diffusion dans les lieux publics d'appareils groupés en « cellule postale élementaire » distributeur de timbres, boîte aux lettres, cabine téléphonique automatique.

3° *Le personnel.* — Les dépenses de personnel forment actuellement 78 °/₀ des dépenses totales d'exploitation.

Conformément aux dispositions de la loi de finances du 31 décembre 1921, une revision des effectifs a été faite après étude de la Commission présidée par M. le Procureur général Bloch. Une réduction de 5.573 unités a pu être ainsi opérée sans licenciements sur le personnel des P.T.T. et de la Caisse Nationale d'épargne. Elle sera effective le 31 décembre prochain et comporte une économie globale de 31.769.064 francs. Le tableau ci-après indique la situation respective des effectifs en 1914, en 1921 et au 31 décembre 1922.

EFFECTIFS DU PERSONNEL DES P.T.T.

1914	1921	au 31 décembre 1922 compte tenu des suppressions	différence de 1922 à 1914
119.953	150.063	143.695	23.742

A déduire :

Créations d'emplois nécessités par l'octroi, en 1919, du repos hebdomadaire	2.638
Titularisation des aides (non comprises en 1914 dans les cadres budgétaires)	7.280
Effectifs d'Alsace-Lorraine	6.390
Services nouveaux :	
T.S.F	403
Chèques postaux	1.745
Les services financiers nouveaux (emprunts, obligations et bons de la Défense, pensions, etc.) absorbent le travail de 2.050 unités	2.050
D'autre part l'augmentation considérable du trafic téléphonique (1) a exigé la création de 4.575 unités	4.575
Total à déduire	25.081

Si l'on déduit ces 25.081 unités qui correspondent à des modifications intervenues dans les conditions d'exploitation, on constate que les effectifs au 31 décembre 1922 sont inférieurs de 1.339 unités à ceux du 1er janvier 1914.

Mais il est évident qu'aucune compression durable et importante de personnel ne peut être réalisée sinon par une modification des services mêmes, outillage et méthodes, que ce personnel est chargé d'assurer.

Il faut ajouter, pour éviter tout malentendu, qu'il ne peut être question de modifier les droits acquis des agents en fonctions, ni de diminuer les avantages qui leur sont légitimement accordés. C'est d'une meilleure organisation qu'on doit attendre à la fois l'amélioration des conditions de travail dont bénéficie le personnel et le rétablissement de la situation financière.

La concession à l'industrie privée de divers services accessoires, la collaboration de la clientèle de gros à un certain nombre d'opérations postales, surtout le développement rationnel de l'outillage permettront, nous l'avons vu, de réaliser des économies et notamment de réduire les effectifs.

(1) 467.628 postes d'abonnés en 1921 contre 309.572 en 1914.

Ces réformes n'auront pas une répercussion seulement sur la quantité mais aussi sur la qualité du personnel.

Les fonctions postales exercent toujours un vif attrait. Au concours de janvier 1921, pour 1.927 emplois de dames, les inscriptions ont dépassé 9.000. A l'intérieur même de l'Administration, le personnel manifeste une propension spontanée vers un régime de sélection qualitative. Au concours de l'École supérieure des P.T.T. de 1913, le nombre des inscrits était le triple de celui des admis ; en 1922, il a été le quintuple. Les Associations professionnelles se sont montrées favorables à l'institution d'examens pour les différents grades : un examen pour le grade de contrôleur et un concours pour l'accès aux fonctions de l'inspection générale viennent d'être établis.

Par contre, certains agents, et des meilleurs, quittent l'Administration pour accepter dans des entreprises privées des situations plus rémunératrices que celles de l'État. Cet exode, d'ailleurs restreint jusqu'ici, doit appeler l'attention des pouvoirs publics sur la nécessité de tenir les traitements du personnel de tous grades et notamment du personnel technique au niveau de ceux que pratique l'industrie.

Cette question est importante en raison du développement de l'outillage, qui exigera un personnel de techniciens spécialisés et encadrés. Une adaptation plus complète du personnel aux différentes branches d'exploitation présentera d'ailleurs des avantages non seulement techniques mais financiers. Le recrutement unique, aujourd'hui en vigueur, est en effet coûteux puisqu'il exige des candidats une universalité de connaissances dont il est nécessairement tenu compte dans l'échelle des traitements.

Comme la *spécialisation*, la *stabilisation* du personnel s'impose. La bonne marche du service, ainsi que la vie familiale des agents et les intérêts financiers de l'exploitation souffrent des déplacements trop fréquents. De bons résultats ont été obtenus de la règle dite « d'un an » qui interdit les mutations avant un an de résidence et le recrutement régional institué récemment pour certaines catégories de personnel semble pouvoir être étendu avantageusement.

Enfin il y a lieu d'attendre un meilleur rendement de l'adoption des méthodes scientifiques de travail en usage dans la grande industrie. Ces méthodes sont presque totalement inconnues dans les services postaux. Un effort d'éducation et d'organisation sera nécessaire pour les vulgariser. Il sera rémunérateur car plus la tâche à exécuter est minutieusement définie et préparée, plus l'exécution en est économique. L'exemple des exploitations, notamment des exploitations américaines et scandinaves qui font des sacrifices pour développer l'instruction de leur personnel et pour doter richement leurs services

d'étude, montre que ces dépenses sont largement rémunérées par le meilleur rendement de la main-d'œuvre et l'économie des matières premières.

Ce sera le rôle du Conseil d'Administration indépendant, prévu dans le projet de réforme administrative, d'étudier et de sanctionner par son autorité morale le programme détaillé d'application de ces directives générales.

V

Plan d'exécution pratique.

Parmi les mesures indiquées ci-dessus, les unes sont immédiatement réalisables dans le cadre de l'organisation actuelle, les autres exigent des réformes plus profondes.

a) Les premières sont en cours d'exécution. Exemples : Réduction des effectifs de 5.573 unités pour le 31 décembre. Réorganisation des tournées de facteurs et extension de l'emploi de la bicyclette. Reclassement des établissements postaux. Simplification de la comptabilité dans les centraux téléphoniques. Développement des produits de la publicité. Réforme générale de la comptabilité.

b) Les deuxièmes, de beaucoup les plus importantes, exigent des dispositions législatives ou réglementaires.

Quatre projets de loi ont été déposés : l'un, le 12 décembre 1921, sur la réforme financière du service des postes ; un autre, le même jour, sur le programme d'extension et d'amélioration du réseau téléphonique ; le troisième, le 12 janvier 1922, sur la réforme des tarifs téléphoniques ; le quatrième, le 8 juillet 1922, sur la réforme administrative du service des postes.

Le projet de budget de 1923 a été établi et présenté au Parlement sous la forme d'un budget annexe où, pour la première fois, les dépenses et les recettes du service des Postes seront mises face à face.

A la deuxième section de ce budget (dépenses de premier établissement) ont été inscrits les crédits nécessaires à l'exécution d'une première tranche de travaux urgents.

Le programme d'ensemble de ces travaux comportant une dépense totale de premier établissement de deux milliards, répartie sur dix exercices de 1923 à 1932, a été inséré dans la loi de finances ainsi que les dispositions du projet de réforme financière.

Si le Parlement donne son assentiment aux mesures prévues, elles pourront être mises en œuvre dès 1924.

Il est permis, dans ces conditions, d'escompter que l'*équilibre financier de l'exploitation postale pourra être rétabli dès* 1925.

Note sur la réorganisation financière

DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES

Par M. ALLIX,
Professeur à la Faculté de Droit de Paris.

La réorganisation financière des Postes et Télégraphes, prévue dans le projet de loi de finances de 1923, réalise une réforme que le Parlement réclamait depuis longtemps et qui a donné lieu à de multiples projets et propositions de loi.

Il n'est plus contesté que les principes de notre droit budgétaire ne sont pas en harmonie avec les exigences d'un grand service industriel, tel que celui des Postes et Télégraphes.

Élaborées à une époque où l'on concevait le rôle de l'État comme devant se restreindre à la direction de quelques grands services d'ordre politique ou administratif, faites en vue de la comptabilité de l'État-juge, de l'État-gendarme, de l'État-percepteur, nos règles budgétaires paralysent l'État-fabricant ou l'État-commerçant.

Elles apportent, en particulier, à l'exploitation des Postes et Télégraphes des entraves qui ont été maintes fois signalées.

1° Avec le système actuel, il est impossible de connaître les résultats de l'exploitation. Les produits des Postes et Télégraphes se confondent dans la masse des recettes budgétaires; les dépenses, de leur côté, sont disséminées : les pensions de retraite des agents, qui rentrent, en réalité, dans les charges du personnel, sont imputées sur les crédits du Ministère des finances, au titre de la dette viagère. Des éléments comptables, dont l'omission empêche d'établir la situation véritable de l'exploitation, ne sont évalués nulle part. C'est le cas des services que les postes rendent gratuitement aux autres départements ministériels en transportant leurs plis officiels ; de ceux qu'elles reçoivent, au contraire, d'autres administrations, par exemple des Compagnies de chemins de fer qui assurent la traction des wagons-poste et la circulation des courriers. L'Administration des Postes devrait être créditée de la valeur de tous les services qu'elle fournit et débitée de la valeur des services qu'elle reçoit sauf à débiter en contre-partie les budgets des autres ministères usagers de la Poste et à créditer le budget général du

bénéfice que l'État retire des obligations qu'il a imposées, en matière postale, aux Compagnies de transport.

D'autre part, aucune distinction n'est faite entre les dépenses d'exploitation et les dépenses de premier établissement qui ont cependant leur contre-valeur dans la plus-value des installations et du matériel.

Comme d'ailleurs, le budget n'enregistre que des mouvements annuels de dépense et de recette, il ne fait point apparaître un élément indispensable du bilan : le capital de premier établissement, dont l'amortissement devrait, en bonne logique, être défalqué du produit brut annuel. Il est impossible de tenir une comptabilité industrielle si l'on n'ouvre point, à côté du compte d'exploitation un compte de premier établissement.

L'absence de corrélation entre la dépense et la recette qui résulte du mode actuel de présentation du budget, fausse le point de vue auquel le Parlement est amené à se placer, quand il examine les dépenses. Les appréciant sans les rapprocher des recettes, il mesure les crédits non sur les besoins de l'exploitation, mais sur la situation générale du budget. Les ressources qu'il accorde sont, dès lors, généralement insuffisantes pour la bonne marche des services et leur insuffisance cause souvent une perte de recettes supérieures à l'économie réalisée.

A vrai dire, ce souci d'une économie rigoureuse dans le présent, dût-elle se traduire par un manque à gagner dans l'avenir, se conçoit fort bien de la part des Chambres, du moment que les ressources dont elles disposent ont pour limite les facultés actuelles des contribuables. Mais l'erreur est précisément de ne pourvoir qu'au moyen de l'impôt, aux besoins d'une exploitation industrielle comme celle des Postes et Télégraphes.

Une entreprise privée qui se fonde ou qui s'agrandit, fait appel à l'emprunt. Faute de pouvoir emprunter, l'Administration des Postes est condamnée à vivre au jour le jour et contrainte de renoncer à tout programme d'améliorations. Les crédits annuels du budget doivent assurer la marche courante de l'exploitation. Il n'est ni rationnel, ni possible, vu leur inévitable modicité, qu'ils subviennent aux dépenses de premier établissement, génératrices de recettes futures.

Établissement de programme de travaux susceptibles de se poursuivre sur plusieurs années, recours à l'emprunt pour en financer l'exécution, telles sont, en résumé, les deux nécessités qui s'imposent pour moderniser les Postes et Télégraphes qui se trouvent en conflit avec le principe traditionnel que les dépenses des services publics sont gagées par l'impôt et fixées seulement pour une année.

3° L'observation rigoureuse de la règle de l'annualité est, au surplus, incompatible à tous les points de vue avec le caractère

de continuité d'une exploitation industrielle dont le capital survit à la durée éphémère des budgets et dont les opérations s'enchaînent d'une année à la suivante. Pour assurer l'amortissement de ce capital, il faut qu'elle puisse se constituer un fonds d'amortissement par des prélèvements sur ses ressources annuelles ; pour parer aux déficits des mauvaises années, il faut qu'elle puisse se créer un fonds de réserve sur les excédents de recettes des années favorables ; pour renouveler enfin ses approvisionnements dans des conditions avantageuses, il faut qu'elle dispose d'un fonds de roulement qui lui permette de choisir le moment opportun pour acheter.

Ces considérations mettent en évidence la nécessité de doter l'Administration des Postes et Télégraphes d'une comptabilité propre et de l'investir de l'autonomie financière, si l'on veut qu'elle soit à la hauteur de ses fonctions.

On ne saurait toutefois oublier que les règles de notre droit budgétaire, consacrées par une longue expérience, défendues dans le passé par les financiers les plus éminents, sont des règles de sécurité financière dont l'objet est d'introduire la clarté et la simplicité dans les comptes, de faciliter le contrôle parlementaire et d'empêcher les irrégularités. Si la réforme projetée n'était réalisable qu'au prix de la renonciation aux garanties qu'elles fournissent, si elle devait affaiblir le contrôle et faciliter les abus, on pourrait donc sérieusement hésiter à payer de si graves inconvénients les avantages qu'on en peut attendre pour l'exploitation des Postes et Télégraphes.

Aussi est-il essentiel de bien distinguer les deux façons dont on peut concevoir cette réforme.

On peut, en effet, conférer à l'Administration des Postes et Télégraphes une automonie financière absolue. On peut ne lui accorder qu'une autonomie restreinte et contrôlée.

Le premier de ces deux systèmes, très séduisant à première vue, soulève cependant des objections graves auxquelles échappe le second, qui est précisément celui du projet actuel.

II

Il semble tout d'abord que la critique des méthodes budgétaires en usage doive mener logiquement au système de l'autonomie absolue.

Puisque l'Administration des Postes et Télégraphes est, en fait, une vaste entreprise industrielle, ne convient-il pas, en effet, de la mettre sur le même pied que les entreprises de l'industrie privée, de l'organiser selon les mêmes principes et de lui donner la même liberté d'action ?

Les finances des Postes et Télégraphes seront donc complètement détachées du budget de l'État. Le Service gardera ses recettes et les emploiera à faire fructifier l'entreprise. Il aménagera ses dépenses lui-même, au mieux des intérêts d'une bonne exploitation, n'hésitera pas à engager de grosses sommes pour améliorer et développer ses moyens d'action et fera appel au crédit pour se procurer les fonds.

Il sera géré par un Conseil d'administration, muni de pouvoirs étendus, dont la composition peut être combinée de différentes façons, mais où figureront, en principe, à côté de fonctionnaires, des délégués du personnel et des représentants des usagers des services postaux.

Les Postes et Télégraphes seront, en un mot, érigés en Office indépendant, s'administrant lui-même, ayant la libre disposition de ses ressources, parmi lesquelles se trouvent des ressources d'emprunt, et se suffisant à lui-même.

C'est dans cette voie que se sont notamment engagées la proposition J. Maillard, G. Bureau et Nibelle et la proposition Charlot.

Aux termes de la proposition J. Maillard, G. Bureau, Nibelle (Docum. parl. Chambre 1921 ; n° 2399, 24 mars 1921), le service des Postes et Télégraphes est constitué en Office National, dirigé et administré par un Directeur général, qu'assiste un Conseil d'administration « ayant les mêmes pouvoirs et la même responsabilité que le Conseil d'administration d'une Société anonyme constituée sous le régime de la loi du 24 juillet 1867 ». Le Conseil fixe, entre autres, « les dépenses générales d'administration » et « règle les approvisionnements de toutes sortes ». La seule restriction à la liberté de l'Office est l'obligation d'obtenir l'autorisation du Parlement pour ses emprunts et de soumettre à l'approbation de celui-ci le bilan annuel et le compte des profits et pertes.

Allant plus loin dans le même sens, M. Charlot, dans son contre-projet, institue une « Société Nationale des Postes et Télégraphes, véritable Société anonyme, dont les actionnaires seront l'État, les villes, départements et Chambres de Commerce et les grandes Sociétés de crédit, complétés éventuellement de souscripteurs particuliers. Cette Société exploiterait conformément à un cahier des charges établi par le Conseil d'État, aurait la faculté d'émettre des obligations et serait simplement contrôlée par le Ministre compétent.

On peut hésiter à ranger dans la même catégorie l'amendement proposé, le 4 mars 1920, par MM. Loucheur, Calary de Lamazière et Noblemaire. Au point de vue administratif, il prévoit le transfert des pouvoirs actuels du Ministre à un Conseil d'administration composé de fonctionnaires, de représentants des Chambres de Commerce et d'Agriculture et de représentants du personnel. Au point de vue

financier, il semble qu'il s'en tienne à une autonomie partielle et contrôlée, puisque non seulement les emprunts devront être autorisés par le Parlement mais que ce dernier votera aussi annuellement le budget des Postes et Télégraphes qui lui sera soumis comme budget annexe au budget général.

Toutefois, l'amendement se bornant à poser des principes généraux et laissant à un règlement d'administration publique le soin de préciser notamment les pouvoirs du Conseil d'administration et les formes dans lesquelles le budget des Postes et Télégraphes sera établi, il est impossible de se prononcer avec certitude et de savoir si les pouvoirs de gestion financière du Conseil d'administration ne seraient pas plus larges que ne le sont ceux du Ministre actuellement. Cet élargissement de pouvoirs paraît impliqué par la constitution d'un « Office » autonome, qui semble bien devoir être quelque chose de plus que l'agent d'exécution d'un budget arrêté jusqu'au détail des chapitres par les Chambres.

Sans chercher à prévoir exactement quel pourrait être le fonctionnement d'un système de pleine autonomie des Postes et Télégraphes, on peut observer qu'un régime de ce genre ne serait pas sans précédent dans notre organisation financière.

C'est celui de diverses institutions et d'offices qui jouissent de l'autonomie budgétaire et qui ont leurs ressources et leurs charges propres, qu'ils aménagent eux-mêmes, sans passer par le budget de l'État où ils ne figurent que pour les excédents de recettes qu'ils y versent ou les compléments de ressources, les subventions qu'ils lui demandent. De ce nombre sont les Lycées, l'École des Mines, les Universités, etc.

C'est un régime semblable qu'entraînerait l'adoption de l'autonomie financière complète et c'est à lui qu'aboutissent les propositions Maillard, Bureau, Nibelle et Charlot, précédemment mentionnées.

Or, on doit remarquer que ce régime n'a encore jamais été étendu à de grands services industriels d'État, — pas plus aux chemins de fer qu'aux P.T.T., — et qu'il ne s'applique qu'à des établissements dont les budgets sont modestes et auxquels on a pu laisser sans crainte une liberté qui trouve ses limites mêmes dans la modicité de leur dotation.

C'est ainsi que les fonds des Universités ne pourvoient guère qu'à des services complémentaires ou accessoires, tandis que le fonctionnement de l'enseignement supérieur, dans ses éléments essentiels est assuré sur les fonds de l'État qui fournit les traitements du personnel, subventionne les Universités pour leurs dépenses ordinaires et encaisse, par contre, à son profit, le montant des droits d'examen.

L'extension d'un système d'autonomie entière aux Postes et Télégraphes serait une mesure bien autrement importante et propre, croyons-nous, à soulever les plus sérieuses objections. C'est partir, en effet, d'un point de vue faux que d'assimiler purement et simplement le service des P.T.T. à une entreprise industrielle ordinaire.

Les service des Postes et Télégraphes est bien, à certains égards, une entreprise industrielle, mais il n'est pas que cela. Il est, en même temps, un service public, et cette nature mixte qui le différencie des industries privées, interdit de calquer son régime financier sur le leur.

Une entreprise privée travaille à faire fructifier l'argent de ses actionnaires qui en contrôlent la gestion. Son but est de rechercher du profit; son succès se mesure au montant de ses bénéfices, de même que son insuccès est sanctionné par la perte et finalement par la faillite. Toutes ces conditions sont autant de garanties d'une bonne gestion commerciale, et l'on conçoit que le meilleur système soit de laisser les intéressés maîtres de leur affaire.

Or, aucune de ces conditions ne se trouve réalisée, en matière d'administration postale : l'Administration des Postes et Télégraphes risque l'argent des contribuables qui n'en peuvent mais et emprunte à leur charge ; en cas de mauvaises affaires, elle est à l'abri de la faillite et ses déficits retombent sur le Trésor ; enfin le souci du produit net ne peut être son seul mobile et son seul guide.

Admettons que le service, réorganisé, connaisse une prospérité inaccoutumée. Il est impossible de lui abandonner la propriété de bénéfices dont il est en réalité comptable vis-à-vis du pays. S'ils dépassent le chiffre nécessaire à l'amélioration de l'exploitation, c'est incontestablement au Parlement qu'il appartient de déterminer l'affectation du surplus ; de décider s'il en sera fait recette au profit du budget général ou s'il sera procédé à une réduction des tarifs postaux.

On peut objecter, sans doute, que le système de la pleine autonomie n'exclut pas la possibilité d'insérer, dans le texte qui l'organise, une clause réservant l'affectation des bénéfices qui dépassent un certain pourcentage. Mais même avec cette précaution, on ne saurait laisser l'Administration des Postes et Télégraphes s'inspirer exclusivement, dans sa gestion, du point de vue commercial. Il y a des services qui, même déficitaires, doivent être fournis à des conditions abordables pour le public, dans l'intérêt de la collectivité. Intéressant au premier chef l'économie nationale tout entière, la politique postale ne peut pas être abandonnée à l'appréciation d'un organisme autonome : elle doit être contrôlée par l'organe qui est le représentant normal des intérêts généraux du pays : le Parlement.

De plus, il faut tenir compte de l'autre éventualité, peut-être plus probable et, en tous cas, plus redoutable : celle où les Postes et Télégraphes ne feront pas leurs frais.

Qu'on ne s'imagine point qu'il sera facile de l'écarter, en édictant que l'Administration devra, en cas de déficit, relever ses tarifs dans la mesure nécessaire pour rétablir la situation. L'exemple récent du nouveau régime financier des chemins de fer montre le caractère illusoire d'une semblable mesure. Les tarifs ne peuvent pas être remaniés et augmentés ad libitum, et l'introduction de tarifs postaux quasi prohibitifs ferait perdre au pays plus qu'elle ne rapporterait à l'Administration des postes, à supposer même qu'elle n'en réduise pas les recettes.

Quand on s'est prémuni contre cette dangereuse illusion, on s'aperçoit aisément qu'il est à craindre que l'Administration des postes ne soit plus portée à exagérer la dépense qu'à poursuivre le gros bénéfice. Non point qu'elle soit vouée au gaspillage et que la haute capacité des fonctionnaires qui la dirigent ait besoin d'être défendue contre d'injustes critiques. Mais il est naturel qu'une administration publique, quand ses ressources ne sont pas limitées, s'intéresse davantage au bon fonctionnement du service qu'au prix de revient.

Une théorie actuellement à la mode et d'autant plus dangereuse qu'elle est la déformation d'une idée juste, tend même à lui en faire un devoir. Cette théorie considère, en effet, le déficit budgétaire comme la situation normale des services publics : le bénéfice de la poste, par exemple, ne consiste pas dans le produit net de l'exploitation ; il est dans l'accroissement de la richesse générale que procure au pays le développement des communications. La perte n'est qu'apparente, lorsque l'Administration au prix de dépenses qui la laissent en déficit, améliore et accroît l'outillage économique national. Ce qui importe, en un mot, ce n'est pas le rendement financier c'est le rendement économique du service.

On aperçoit aisément à quels abus cette théorie peut conduire. Les dangers s'en manifesteraient tout spécialement si la gestion des Postes et Télégraphes passait aux mains d'un Conseil d'administration composé de fonctionnaires de carrière, de délégués du personnel et de représentants des usagers. La théorie, en effet, est propre à séduire les agents qui l'ont d'ailleurs exposée déjà eux-mêmes dans les congrès corporatifs, et elle est conforme aux intérêts des usagers. Aussi bien, en cas de déficit, le Trésor est-il toujours là pour le combler. On lui demandera il est vrai de simples avances, théoriquement remboursables sur les meilleurs résultats à venir de l'exploitation. En fait, on aura accru le chiffre des découverts du Trésor.

Autant il est à souhaiter que les agents et les usagers soient consultés au sujet des mesures de service importantes, autant il serait fâcheux de les investir d'un pouvoir de décision en dernier ressort, qui s'attacherait certainement plus à l'utilité technique de la dépense qu'aux charges financières qu'elle entraîne.

La responsabilité du Conseil d'administration ne saurait, en l'espèce. jouer le rôle de frein, car il est impossible, quelle que soit la méthode qu'on envisage, d'organiser pratiquement cette responsabilité qui restera forcément théorique.

L'assimilation pure et simple du service des Postes et Télégraphes à une entreprise industrielle pèche on le voit par la base.

Pour concilier les deux caractères qu'il rassemble en lui d'exploitation industrielle et de services publics, pour maintenir un juste équilibre entre trop et trop peu de sens commercial, le seul arbitre possible est le Parlement, parce qu'il est seul à même de régler la politique postale à la fois en fonction des intérêts économiques généraux du pays et de la situation générale des finances publiques.

Au surplus, — quoique cette réserve ne soit pas explicitement formulée dans la proposition Charlot, — les partisans de la pleine autonomie admettent eux-mêmes, la plupart du temps, que la faculté d'emprunt devrait être subordonnée à l'autorisation des Chambres.

Mais on ne saurait s'arrêter là. Pour les raisons précédemment indiquées, il est impossible de ne pas réserver au Parlement l'approbation des grands programmes de travaux impliquant des engagements de dépenses en plusieurs exercices, et même de lui soustraire, sans danger véritable pour nos finances, la fixation des crédits annuels affectés aux divers chapitres de dépenses, c'est-à-dire le vote du budget annuel des Postes et Télégraphes.

III

Ainsi se substitue à la formule de l'autonomie financière absolue une formule d'autonomie restreinte et contrôlée.

Cette dernière formule se ramène, en somme, à deux éléments essentiels :

1° faculté, pour l'Administration des Postes et Télégraphes d'emprunter, dans la limite des autorisations parlementaires ;

2° groupement, dans un cadre budgétaire distinct, de toutes les recettes des Postes et Télégraphes, y compris les ressources et charges omises dans les écritures actuelles, de façon à faire apparaitre clairement et exactement les résultats de l'exploitation, — ce nouveau budget restant d'ailleurs soumis aux règles générales de la procédure

budgétaire et du contrôle parlementaire et étant rattaché pour ordre au budget de l'État.

C'est, remarquons-le, la formule qui a déjà été appliquée à la création du budget annexe des chemins de fer de l'État (Lois du 18 juillet 1911 et du 31 décembre 1919 ; Décret du 9 février 1920).

Les dispositions actuellement soumises au Parlement ne font que l'étendre à l'Administration des Postes et Télégraphes et par là s'accuse nettement la différence qui les sépare des programmes d'autonomie absolue, dont nous avons tout à l'heure examiné les dangers.

Ces dispositions ont pour objet : 1° de remanier le budget des Postes et Télégraphes érigé en budget annexe ; 2° de leur donner la faculté d'emprunter et de leur permettre de se constituer quelques fonds permanents qui échappent à la caducité des allocations budgétaires : fonds d'approvisionnement, d'amortissement, de réserve.

Sur le premier point, la seule critique qu'on pourrait songer à adresser au projet actuel, en invoquant les règles budgétaires traditionnelles, c'est de porter atteinte au principe de l'unité du budget puisque les finances des Postes et Télégraphes donneront ouverture à un budget spécial, distinct du budget général. Observons qu'il n'y a pas là création d'un précédent et que l'objection s'adresserait aussi bien aux budgets annexes existant actuellement, notamment à celui des Chemins de fer de l'État.

En tous cas, la règle de l'unité n'est pas un dogme à suivre aveuglément mais un précepte dont il convient de rechercher la raison d'être. C'est une règle de clarté et de simplicité, destinée à faciliter l'examen et le contrôle du Parlement qui peut s'égarer parmi des budgets multiples dont les éléments se chevauchent plus ou moins.

Or, au point de vue de la clarté, il n'est pas discutable que le système proposé réalise un progrès certain sur le régime actuel, puisqu'il permet aux Chambres de se rendre compte des résultats de l'exploitation, qu'elles sont aujourd'hui dans l'impossibilité de dégager des documents budgétaires.

Quant au contrôle parlementaire, il continue à s'exercer sur le nouveau budget des Postes et Télégraphes dans les mêmes conditions qu'il s'exerce actuellement sur les crédits inscrits au budget général. Il est même facilité par le caractère rationnel de ce budget annexe, qui fait ressortir tous les éléments d'actif et de passif des Postes et Télégraphes et qui est divisé en deux sections distinctes : section d'exploitation et section de premier établissement.

Les Chambres continuent à régler, comme par le passé, la distribution des dépenses et à voter les chapitres de crédits ; elles votent les crédits supplémentaires, suivant la procédure normale et les reports

de crédits s'effectuent dans les conditions fixées par la loi du 27 février 1912. Les comptes sont tenus par un agent justiciable de la Cour des Comptes. Enfin, les renseignements les plus complets sont fournis au Parlement sur la marche des services et sur leur gestion financière pendant l'exercice expiré, puisqu'au compte définitif de chaque exercice sont joints, d'après l'art. 48 (nouveau) ajouté par la Commission des finances de la Chambre, un compte général d'exploitation, un compte de dépenses de premier établissement, un bilan et un résumé des engagements.

A se placer au point de vue budgétaire, il n'y a guère de changé, en résumé, que la façon plus rationnelle de présenter les écritures.

Si l'on passe maintenant aux facultés nouvelles que le projet confère à l'Administration des Postes et Télégraphes, on constate que toutes les précautions sont prises pour qu'elles ne puissent prêter aux abus et pour qu'elles soient contenues dans les bornes du contrôle parlementaire.

La loi de finances détermine, chaque année, le montant des emprunts à émettre, emprunts qui sont effectués par les soins du Ministre des Finances.

La dotation du fonds d'approvisionnement est fixée, une fois pour toutes, à 200 millions, y compris la valeur des stocks existants, le complément étant parfait au moyen d'un versement unique imputé sur les crédits de la 2e Section du Budget des Postes et Télégraphes de 1923.

Le Parlement contrôle la constitution et l'emploi du fonds d'amortissement puisque ce fonds est alimenté par des crédits inscrits à la 1re section et que tout prélèvement à y effectuer doit être autorisé par la loi de finances.

Il en est de même des prélèvements à opérer sur le fonds de réserve, qui est formé au moyen des excédents de recettes, sans que le chiffre en puisse dépasser 200 millions.

On n'a donc point à redouter que ces fonds constituent des sortes de caisses noires propres à dissimuler les irrégularités.

De même, il n'y a pas lieu d'appréhender que l'Administration considère ses recettes comme sa « propriété » et puisse affecter ses bénéfices à des dépenses abusives qui gaspilleraient l'argent des contribuables, puisque l'emploi des excédents est réglé par la loi elle-même. Tout ce qui dépasse en effet les sommes nécessaires pour rembourser le Trésor de ses avances, pour amortir le capital de premier établissement selon le taux fixé par le Ministre des Finances et pour entretenir le fonds de réserve dans la limite de son maximum de 200 millions, est intégralement reversé au Budget général de l'État. L'Administration

demeure donc bien comptable de ses bénéfices vis-à-vis du Parlement, mandataire du pays.

En résumé, la réforme prévue dans le projet de loi de finances de 1923 apparaît comme animée du désir de ne s'écarter des règles budgétaires consacrées par l'usage que dans la mesure strictement nécessaire pour remédier à la crise des Postes et Télégraphes et pour permettre l'exploitation du service suivant des méthodes rationnelles. On peut même dire qu'elle s'inspire de l'esprit de ces règles, puisque le souci qui s'y manifeste est de dégager une formule qui satisfasse à la fois au besoin indéniable d'autonomie des Postes et Télégraphes et aux exigences du contrôle parlementaire.

La formule d'autonomie restreinte et contrôlée à laquelle elle aboutit donne, à cet égard, toutes les garanties possibles.

EXTRAIT

D'UNE CONFÉRENCE SUR L'HYGIÈNE

donnée le 18 novembre 1922 à l'Ecole Supérieure

Par M. le docteur BEAUFUMÉ,
Médecin en chef de l'Administration des Postes et Télégraphes.

Dans les bureaux comme dans toutes les collectivités, les maladies peuvent se transmettre entre agents d'une part, entre agents et public d'autre part. Elles peuvent également se transmettre par l'intermédiaire des poussières et microbes apportés dans les bureaux. C'est le cas pour la scarlatine, la rougeole, la diphtérie, la coqueluche, la méningite cérébro-spinale. Le moyen héroïque de lutter contre ces maladies transmissibles, c'est avant tout d'évincer les malades, et c'est en même temps le moyen par excellence de prophylaxie. Quant à la surveillance des suspects, elle est essentiellement du domaine des médecins, et nous n'en parlerons pas. Mais, il est une maladie fréquente, contagieuse qui hante particulièrement l'esprit des postiers, je veux parler de la tuberculose, de cette turberculose que l'on a qualifiée de professionnelle, en raison de sa fréquence chez les postiers et de la notion de la contagion, soit par les locaux malsains, soit par les agents malades, soit même par le public.

Tout d'abord y a-t-il une tuberculose professionnelle chez les postiers ? Qu'est-ce qu'une maladie professionnelle ? Une maladie professionnelle est par définition une maladie qui existe du fait de la profession ; exemple le saturnisme chez les individus qui manipulent des composés de plomb comme la céruse et le minium, l'anthracose chez les mineurs qui sont constamment plongés dans des poussières de charbon, la tuberculose chez les médecins et les infirmiers qui sont obligés du fait de

leur profession d'être en rapport constant avec des malades à qui ils donnent leurs soins. Rien de semblable pour le personnel des Postes et Télégraphes, ce qui ne veut pas dire que la contagion ne soit pas possible, surtout par un collègue qui en toussant, en crachant, en éternuant, en parlant, lance des particules de salive bacillifère aux individus de son entourage. Mais cette façon de devenir tuberculeux qui est la règle dans la famille où les contacts et où les rapports sont constants, fréquents, répétés, et qui explique la contamination entre mari et femme, entre parents et enfants, *est infiniment rare et même très rare dans nos bureaux*, malgré les idées régnantes sur des constatations ou des statistiques mal faites ou mal interprétées. C'est ce qu'on peut constater très facilement quand des foyers de tuberculose sont signalés dans certains bureaux et qu'on fait des enquêtes approfondies.

D'ailleurs, la tuberculose est-elle véritablement plus fréquente chez les postiers que dans d'autres professions un peu similaires ? J'ai établi une statistique que je crois très consciencieuse, il y a trois ans, et j'arrivais à dire que dans les Postes on trouvait un individu, sur trente-trois, atteint de tuberculose cliniquement décelable, c'est-à-dire une proportion de 3 °/₀. Si vous comparez d'autres professions similaires, dans lesquelles les individus sont placés dans des conditions identiques, et même meilleures, je veux parler des instituteurs de Paris et de la Seine en particulier, des statistiques faites par des médecins très consciencieux, il ressort que chez les instituteurs de la Seine, il existe 4 °/₀ de tuberculeux, d'après l'une de ces statistiques, et 5 °/₀ en évolution, d'après l'autre. De telle sorte que dans les Postes, bien que le nombre de tuberculeux soit trop grand, il l'est encore moins cependant que dans d'autres professions similaires, et en particulier chez les instituteurs.

La contagion directe d'un individu à un individu est le mode actuel de contamination. Il existe autour de chaque individu tuberculeux qui projette des postillons une zone de un mètre à 1 m. 20 environ. Ce n'est pas là cependant l'immense majorité des causes de contagion dans les Postes, il faut en

chercher la fréquence ailleurs et nous la trouverons essentiellement dans un recrutement qui a été jusqu'ici insuffisamment sévère au point de vue médical. Actuellement il s'améliore parce que les postulants subissent des visites de plus en plus sérieuses, tout au moins pour les agents et dames employées. Une autre cause de fréquence, c'est la contagion familiale qui est infiniment plus grande dans les Postes, comme ailleurs du reste. Nous trouvons également d'autres causes favorisantes qui agissent chez les postiers. Nous savons, en effet, aujourd'hui d'une façon générale que pour le développement de la tuberculose la contamination se fait presque toujours dans le jeune âge. Ces tuberculoses restent latentes, c'est-à-dire qu'elles ne se manifestent par aucun signe clinique appréciable, puis cinq ans, dix ans, quinze ans, vingt ans, trente ans après à l'occasion d'une débilitation de l'organisme, d'une diminution de sa résistance, cette tuberculose latente depuis de nombreuses années évolue et se réveille, et on croira qu'elle évolue presque spontanément, et c'est toujours ainsi, en débilitant l'organisme qu'agissent les mauvaises conditions de salubrité des locaux, c'est-à-dire une aération insuffisante, un éclairage défectueux, surtout un éclairage naturel défectueux, un chauffage trop intense, sans ventilation et une atmosphère riche en poussières, et il faut y ajouter d'autres causes extérieures aux locaux de l'Administration : il ne faut pas invoquer uniquement les locaux malsains, il ne faut pas oublier les logements particuliers, insalubres, trop souvent également la transplantation des individus qui sont pris à la campagne et mis, dans les villes, dans les grands centraux. Ces individus transplantés résistent mal, surtout les femmes. Il faut aussi invoquer une alimentation défectueuse et une insuffisance de repos.

Voilà comment se développe la tuberculose dans les Postes et quelles en sont les causes principales. En ce qui concerne la transmission des maladies infectieuses par les appareils téléphoniques et spécialement de la tuberculose, cette transmission est peu probable, surtout maintenant que l'on emploie des appareils mobiles. Quoi qu'il en soit, il est bon de nettoyer les appareils récepteurs et transmetteurs avec des liquides désinfectants courants.

Service d'Études et de Recherches Techniques

DE L'ADMINISTRATION DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

Mesures électriques relatives à l'Induction magnétique des lignes de transport d'énergie sur les lignes de communication.

*
* *

En août 1922, une mission d'études, composée des ingénieurs, élèves de l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, fut envoyée à Pau en vue de faire des mesures relatives à l'induction électromagnétique des lignes triphasées de transport de force, sur les lignes télégraphiques et téléphoniques.

Faites avec la collaboration de la Compagnie des chemins de fer du Midi, ces expériences furent suivies par des représentants des Compagnies de chemins de fer de Paris à Orléans, et de l'État.

Une autre série d'expériences fut faite en novembre 1922 à Asnières, par le Service d'Études et de Recherches techniques en collaboration avec la Société « Le Triphasé », pour explorer le champ magnétique.

Voici les rapports qui rendent compte de ces missions :

I. Mesure des tensions induites par une ligne triphasée sur une ligne téléphonique

La Mission d'Études envoyée à Pau en août 1922, avait pour but de déterminer la grandeur des effets d'induction magnétique et d'influence électrique, produits par le voisinage d'une ligne triphasée de transport d'énergie, sur un circuit téléphonique, dans une situation existante : cette étude devait mettre les ingénieurs en présence des difficultés nombreuses, et de tous ordres,

qui se rencontrent dans ce genre de recherches, permettre de préciser les moyens expérimentaux à mettre en œuvre, enfin, fournir quelques données numériques, permettant de se rendre compte de l'importance que peuvent prendre, dans un cas concret, les effets d'induction et d'influence.

Description du circuit étudié. — Les relevés que nous avons consignés sur le tableau joint à ce rapport, ont été effectués sur le circuit téléphonique Pau-Laruns. Ce circuit, armé en plan sur consoles, avec 56 centimètres de distance entre fils, longe la voie ferrée appartenant à la Compagnie des chemins de fer du Midi. Sa hauteur moyenne en-dessus du sol est de 5 mètres. Il est constitué en fils de cuivre de 2 mm. 5. Enfin, il présente des croisements tous les 500 mètres, le départ des croisements étant juste en face l'embranchement de la voie ferrée Pau-Laruns. Sa longueur totale est de 40 kilomètres environ.

Le long de la même voie ferrée, mais de l'autre côté se trouve une ligne triphasée de transport d'énergie, sous 55.000 volts. Cette ligne est armée en nappe plane verticale. La hauteur moyenne du fil le plus bas au-dessus du sol est de 8 mètres; la distance entre fils est 1 m. 40. Elle présente des rotations régulières tous les 2 kilomètres, aux points kilométriques pairs. Ces points de rotation sont donc en face des points de croisement du circuit téléphonique.

La longueur totale sur laquelle la ligne d'énergie et le circuit sont parallèles, est de 38 km. environ : sur la plus grande longueur (32 km.), la distance horizontale est voisine de 7 mètres. Cependant, en certains points (traversées de gare, tunnel), cette distance s'accroît notamment. Le total des longueurs où la distance est anormale, s'élève à 5 km. 4.

Mesures effectuées. — Les mesures effectuées ont été des mesures de tension, faites au moyen du voltmètre amplificateur Abraham, appareil extrêmement sensible et présentant une résistance intérieure considérable.

Lorsque les tensions à mesurer dépassaient le demi-volt (ce fut d'ailleurs le cas général), on les fit débiter sur un potentiomètre dont la résistance totale était de l'ordre de 100.000 ohms

à 1 megohm environ, et dont un bras présentait une résistance de quelques milliers d'ohms. Le voltmètre amplificateur était disposé aux bornes de cette dernière résistance. Dans ces conditions, on pouvait espérer que les mesures faites (convenablement réduites) représenteraient la tension existant en circuit ouvert entre les points où était branché le potentiomètre.

Les mesures effectuées ont été les suivantes (nous indiquons un schéma conventionnel au moyen desquels on les désignera sur le tableau joint) : Le voltmètre était branché directement aux

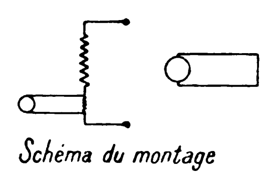


Schéma du montage

Fig. 1.

extrémités des fils du circuit, ces fils étaient bouclés à leur autre extrémité.

Par cette mesure, on déterminait la tension induite par le flux magnétique, dans le circuit. L'effet était à peine mesurable. Les chiffres donnés ne sauraient indiquer qu'un ordre de grandeur, et ne doivent pas être considérés comme des valeurs exactes. Ils montrent que, dans le cas envisagé, l'effet magnétique sur le circuit est extrêmement faible.

Un fil téléphonique étant mis à la terre à son extrémité, on a placé entre l'autre extrémité et la terre, l'appareil de mesure qui présentait alors une résistance de 100.000 ohms environ. Si on veut bien admettre que le courant de charge du fil (phénomène d'influence électrique), choisit comme chemin d'accès, la mise à la terre, de préférence aux 100.000 ohms de l'appareil de mesure, on peut estimer que la tension mesurée dans ces conditions est principalement d'origine magnétique.

Dans certaines mesures, on a pu brancher directement le voltmètre amplificateur (dont la résistance intérieure est bien supérieure au megohm) sur le fil : il semble que ces mesures sont

théoriquement meilleures : elles ont donné des résultats peu différents de ceux que l'on a obtenus dans les conditions précédemment décrites.

La comparaison des chiffres relevés, aux valeurs du courant traversant la ligne d'énergie au même moment, ne permet guère de conclure, les mesures faites étant par trop variables dans l'intervalle d'une minute.

L'appareil de mesure, présentant une résistance de un megohm, était placé entre la terre et un des fils, ou entre la terre et l'origine du circuit.

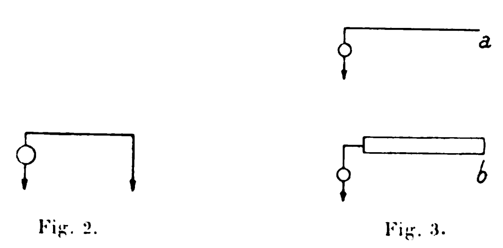


Fig. 2. Fig. 3.

Dans le cas *a*) l'extrémité du fil était isolée.

Dans le cas *b*), l'origine et l'extrémité du circuit étaient bouclées.

Dans ces conditions d'expérience, on peut admettre que la tension mesurée a principalement pour origine l'influence électrique de la ligne triphasée.

On remarquera que les chiffres relevés dans ces conditions sont à peu près du même ordre de grandeurs, bien que présentant des variations rapides assez considérables. Cependant, les relevés périodiques de la tension de la ligne d'énergie et de son débit montrent que la stabilité du régime de celle-ci n'était pas réalisée pendant les expériences : il y a là, évidemment, une circonstance qui ne permet guère de comparaison entre les phénomènes observés et leurs causes.

Discussion des résultats. — Il serait évidemment bien présomptueux de vouloir déduire des résultats obtenus dans les conditions que nous venons d'indiquer, des conclusions trop précises : nous pouvons cependant essayer d'en tirer quelques renseignements.

Un premier fait à retenir est que la tension entre les fils du circuit, bouclés à leur extrémité, est extrêmement petite.

En examinant les choses de près, on constate que la position du circuit, par rapport à la nappe des fils, est telle que le flux qui le traverse est petit. On conçoit aisément que dans ces conditions, les transpositions existant sur le circuit d'une part, et d'autre part sur la ligne d'énergie, jouent un rôle efficace, et ne laissent subsister que bien peu de choses, si imparfaites soient-elles. Par contre, on a observé pour la tension du fil isolé, ou mis à la terre, à son extrémité, des valeurs mesurables. Il semble de plus que la tension d'origine magnétique est bien plus faible que la tension d'origine électrique. Ces points demandent à être précisés : mais déjà nous voyons que l'étude en serait possible, au moyen de relevés faits sur des lignes et circuits de moyenne longueur (quelques kilomètres), parallèles à une ligne d'énergie non transposée dans cette région.

Il semble en effet que les tensions relevées ne représentent qu'une petite fraction des tensions locales dues à l'induction magnétique et l'influence électrique. Nous avons indiqué que le circuit téléphonique et la ligne d'énergie avaient des transpositions régulières. Ici, les croisements du circuit ne jouent aucun rôle, mais les rotations de la ligne d'énergie paraissent susceptibles d'éliminer en grande partie les effets de l'induction et de l'influence. On voit pourtant, dans le cas étudié, une première cause de l'existence de résidus d'anti-induction : sur des tronçons divers, correspondant à des traversées de gares ou des passages de tunnels, et d'une longueur totale de 5 km. 4, la distance entre la ligne et le circuit s'écarte notablement de la distance moyenne. Il est donc parfaitement possible que certains de ces tronçons ne soient pas équilibrés par d'autres parties de la ligne.

Il convient d'ailleurs de remarquer que l'on ne saurait, a priori, dire exactement quelle est l'efficacité des transpositions, pour la protection des lignes télégraphiques contre les effets dus au voisinage des lignes d'énergie.

Imaginée pour le cas particulier des circuits téléphoniques que l'on veut protéger contre le voisinage des autres lignes et

des autres circuits, la théorie de l'anti-induction suppose implicitement, que sont remplies les conditions suivantes :

Le contour des circuits à protéger est parfaitement défini et garde une dimension transversale uniforme.

L'action des courants télégraphiques de retour, passant par la terre est sinon nulle, du moins comparable à celle qu'ils auraient s'ils étaient canalisés par un conducteur placé à distance constante du fil aérien.

Il appartiendra à l'expérience de montrer si ces hypothèses peuvent être conservées dans le cas où les phénomènes d'induction ou d'influence sont dus à une ligne d'énergie, et où le circuit troublé est un circuit de courants télégraphiques, utilisant le sol comme conducteur de retour.

Au reste, il faut remarquer qu'il ne suffit pas, dans la pratique, d'obtenir une protection acceptable contre les troubles de l'exploitation des lignes ou des circuits. Il est nécessaire de connaître quelle valeur peut atteindre, en un point quelconque, la tension des fils télégraphiques ou téléphoniques afin de prendre toutes mesures convenables de sécurité pour le personnel qui est amené à toucher les fils, au cours des opérations de pose ou d'entretien. Dans un cas, où apparemment la tension mesurée ne représente qu'une partie, peut-être faible, de la tension existant en certains points de la ligne, nous avons relevé une dizaine de volts. Ce chiffre laisse présumer que nous pourrons parfois rencontrer des valeurs importantes.

Conclusion. — La discussion précédente fait ressortir les conditions dans lesquelles pourra être entreprise l'étude des phénomènes d'induction magnétique et d'influence électrique sur les lignes et circuits télégraphiques et téléphoniques, produits par le voisinage d'une ligne triphasée de transport d'énergie.

En premier lieu, il conviendra de déterminer quel est le champ magnétique produit par une ligne triphasée.

Il faudra ensuite étudier quelles sont les tensions induites dues à la présence du champ magnétique. Ces tensions sont liées à la variation d'un flux. Il conviendra de déterminer ce que peut être, suivant les circonstances, la surface embrassée par ce flux,

dans le cas où une partie du contour de cette surface est le trajet à travers la terre, de courants de retour. L'étude devra comprendre à la fois, dans le cas des transpositions, la détermination des tensions locales et des résidus d'anti-induction imparfaite.

Un travail semblable devra être entrepris, relativement au champ électrique.

Dans l'un et l'autre cas, il faudra s'attacher à éliminer autant que faire se peut, les effets qui ne seront pas l'objet de l'étude actuelle.

En même temps que ces travaux seront en cours, on pourra rechercher la nature et l'importance des troubles susceptibles d'être apportés à l'exploitation, par l'existence des tensions induites. Devront être précisés : les intensités, les fréquences, les variations de régime, des courants perturbateurs

Autant que possible, les recherches et les études seront dirigées de manière à faire ressortir quelques règles, quelques formules simples donnant d'une part, l'ordre de grandeur des effets d'induction et d'influence susceptibles d'être obtenus dans une situation considérée ; d'autre part, une limite de sécurité, valeur extrême que peuvent prendre ces effets, pour que soit assurée la possibilité d'une bonne exploitation du réseau télégraphique et téléphonique.

Exploration du champ magnétique au voisinage d'une ligne d'énergie.

Une série de mesures a été effectuée à Asnières, en novembre 1922, par le Service d'Études et de Recherches techniques des Postes et Télégraphes, en vue d'explorer le champ magnétique au voisinage d'une ligne triphasée de transport d'énergie.

« Le Triphasé » apporta à ce travail, sa collaboration, en fournissant le personnel nécessaire pour l'installation et le travail sur la ligne, ainsi que l'appareillage de la ligne d'énergie et le courant.

Les mesures ont consisté en la détermination des tensions induites dans un cadre de petites dimensions géométriques, par la variation périodique du flux magnétique.

La ligne d'énergie comportait 3 fils situés dans un plan vertical, la distance entre fils étant de 1 m. 50, la hauteur du fil inférieur, 8 m. 20 au dessus du sol.

Le débit des phases était réglé par le jeu de trois rhéostats liquides, montés en étoile avec point neutre isolé, et situés à 300 mètres environ du lieu des essais. Des ampèremètres thermiques, montés directement sur les phases, donnaient les intensités à un ou deux ampères près, pour des valeurs comprises entre 50 et 120 ampères.

Le cadre explorateur, comprenant 900 spires, avait environ 30 cm. de côté, et embrassait une surface totale de $8{,}65 \times 10^5$ cm². La fréquence du courant étant 60, un champ efficace de 1 gauss, induisant aux bornes du cadre, une tension de 2,76 volts efficaces.

Cette tension induite était mesurée au moyen d'un voltmètre amplificateur Abraham, appareil à grande impédance intérieure. Cet appareil était taré plusieurs fois au cours d'une séance de mesures.

La marche des expériences était la suivante :

Le cadre explorateur porté par une suspension à la cardan, à un bâti, fixé au sommet d'une échelle à coulisse était placé de sorte que son centre soit au point considéré. Par la manœuvre des rhéostats liquides, on réglait le débit des phases. Cette opération faite, et un régime stable des courants étant établi, on déplaçait lentement le cadre à la main de manière à lui faire embrasser le flux maximum, c'est-à-dire à obtenir le maximum de déviation de l'aiguille du voltmètre. On notait cette déviation maxima.

En raison de la petitesse des tensions mesurées, on a dû limiter l'exploration de la région voisine des conducteurs de la ligne d'énergie. Mais pour chaque emplacement du cadre, on a mesuré les tensions correspondant à plusieurs répartitions des courants dans les phases.

On trouvera plus loin le résultat des mesures.

Il résulte de leur discussion que l'ordre des erreurs possibles dans l'évaluation des tensions est de 8 à 10 %, pour les plus

fortes valeurs ; il est notablement plus grand pour les valeurs plus faibles de la tension. Pour interpréter les résultats, on a calculé quelles valeurs de la tension induite s'obtenaient dans l'hypothèse suivante :

La ligne est constituée par des conducteurs indéfinis rectilignes, occupant dans la région explorée, la même position que les conducteurs réels, et parcourus par des courants sinusoïdaux purs, de fréquence égale à la fréquence distribution, et enfin,

HEURES	NATURE DES MESURES FAITES	TENSION RELEVÉE AU VOLTM. AMPLI.	DÉBITS ET TENSIONS RELEVÉ AU POSTE DE LARUNS SUR LE RÉSEAU D'UTILIS.		VALEURS APPROXIMATIVES DU DÉBIT ET DE LA TENSION EFFECTIFS SUR LA LIGNE	
			DÉBIT	TENSION	DÉBIT	TENSION
(1)	(2)	(3) volts	(4) ampères	(5) volts	(6) ampères	(7) volts
Le 9 août 1922.						
11 h.		0v 01	50	14.350.	13,5	52.500.
12 h. 45.		11v	16	14.130.	4,4	51.800.
13 h. 30. 13 h. 42. 13 h. 45.		1v 3 à 1v 9 2 à 3v	12 18	14.480. 14.000.	3,3 4,9	53.000. 51.300.
13 h. 49.		8v 5 à 10v				
14 h.	— d° — — d° — — d° —	9v 5 à 10v 5 10v à 11v 8,5 à 9, 5	40	14.050.	11	51.500.
14 h. 5.		2 à 3 v.				
15 h.		9v 5 à 15v 5	40	14.040.	11	51.500.
16 h.	— d° — — d° — — d° —	10v à 12v 5 10v 5 à 12v 5 10v à 12v	50	14.100.	13,5	51.700.
Le 10 août 9 h. 30.		1v 5 à 1v 7	47	14.350.	13	52.500.

Nota. — Les chiffres des colonnes 4 et 5 ont été communiqués par la sous-station de Laruns. Ils ont été relevés sur le réseau d'utilisation, lequel est relié à la ligne de transport d'énergie par l'intermédiaire d'un transformateur 55000/15000.

Les chiffres des colonnes 6 et 7 ont été calculés en prenant le rapport 55/15 ou 15/55 des chiffres des colonnes 4 et 5. Ils ne sauraient donc représenter que l'ordre de grandeur des débits et tensions effectifs de la ligne d'énergie.

Heures	Position du cadre: Distance horiz^{ale}	Position du cadre: Hauteur au dessus du sol	Lectures au V. A: Sté	Lectures au V. A: Graduat.	Intensité des courants: I_1	Intensité des courants: I_2	Intensité des courants: I_3	Distances du cadre aux fils: d_1	Distances du cadre aux fils: d_2	Distances du cadre aux fils: d_3	Rapports $\frac{I}{d}$: $\frac{I_1}{d_1}$	Rapports $\frac{I}{d}$: $\frac{I_2}{d_2}$	Rapports $\frac{I}{d}$: $\frac{I_3}{d_3}$	V calculé	V mesuré	H calculé	Observations
h. min	m	m	»	»	amp.	amp.	amp.	m	m	m	amp./m	amp./m	amp./m	10^{-3} volt	10^{-3} volt	10^{-3} gauss	
							Le 22 Novembre 1922.										
14h30	0	520	3	19.5	100	99	105	6	4.50	3	16.6	22	35.	86	88	31.2	
				19.5	100	75	100				16.6	16.7	33.3	86	88	31.2	
				16.5	105	80	81				17.5	17 8	27.[illegible]	75	77	27.2	
15h15				19	82	77	105				13.6	17.1	35.[illegible]	86	87	31.2	
15h30				4.5	97	95	40				16.2	21.1	13.3	39	34	14	
				14.5	50	95	110				8.3	21.1	36.7	77	71	27.8	
				15	60	60	100				10	13.3	33.3	78	72	28.2	
							Le 23 Novembre 1922.										
14h30	2	5.20	3	9	110	105	103	6.35	5	3.70	17.3	21	27.8	61	62	23	
				10	100	110	110				15.7	22	29.7	65	65	23.6	
15h30				5.5	85	85	100				13.4	17	27	58	48	21.2	
				5.	100	90	85				15.7	18	23	56	47	20.4	
16h10				5	80	85	100				12.6	17	27	56	46	20.4	
							Le 24 Novembre 1922.										
11h10	6	6.70	3	49.5	80	65	80	4.50	3	1.50	17.7	21.6	53.2	184	193	66	
				48	68	65	78				15.1	21.6	52	172	189	62	
				46	55	70	80				12.2	23.3	53.2	166	185	60	
				54	60	78	88				13.3	26	58.5	184	205	66	
				63	65	85	105				14.4	28.3	70	221	228	80	
				58	90	92	98				20	30.6	65.6	215	214	78	
11h40				37.5	92	92	65				20.5	30.6	43.6	155	164	56	
11h45				46.5	108	92	70				24	30.6	46.6	166	187	60	
14h45	2	.70	3	18	110	110	105	4.90	3.60	2.50	22.4	30.5	12	127	122	46	
				19	93	110	110				19	30.5	44	133	125	48	
				17.5	82	91	104				16.7	25.3	41.5	116	120	42	
				18.5	110	100	91				22.4	27.8	36.4	122	123	44	
15h15				10	70	55	80				14.3	15.3	32	95	98	36	
15.45	2	7.70		37.5	97	88	99	4	2.90	2.10	19.2	30.2	47	193	196	70	
				31	70	78	90				17.5	27	43	160	177	58	

d'intensité vectorielle efficace égale à celle des courants traversant réellement les fils.

Le résultat de ce calcul figure dans la colonne V calculé.

Ainsi qu'on peut le voir, la concordance entre les valeurs calculées et les valeurs mesurées, est satisfaisante, tant que les valeurs observées sont assez grandes, alors que l'erreur relative possible est faible. Toutefois, même quand les lectures deviennent faibles et incertaines, l'écart entre ces valeurs demeure inférieur à la limite des erreurs d'expérience.

En résumé, il n'a pas été possible de déceler, dans les meilleures conditions de mesure, un écart entre le champ observé et le champ calculé en admettant l'hypothèse simple qui a été énoncée. Il semble que l'on peut prévoir assez exactement les phénomènes réels (au moins en première approximation), en calculant ce qu'ils seraient si on se trouvait effectivement dans ce cas schématique.

Conditions de réception des lampes à trois électrodes.

Les lampes à trois électrodes sont déjà employées en grandes quantités pour l'amplification, pour la détection, pour la génération d'ondes entretenues, etc..., et il y a lieu de se préoccuper de définir des conditions de réception pour chaque catégorie de lampes. Il y aura, bien entendu, des conditions communes aux lampes de toutes catégories, conditions dont l'application a pour but d'éliminer les lampes de qualité inférieure, lesquelles existent malheureusement en très grand nombre dans le commerce. On définira ensuite les conditions particulières qui doivent être ajoutées pour chaque catégorie de lampes ainsi que les marques à apposer sur les lampes de chaque catégorie. Ce travail, auquel le Service d'Études et de Recherches Techniques des Postes et Télégraphes participe activement, est entrepris en collaboration avec les services d'Études ou les laboratoires des autres départements ministériels intéressés et notamment de celui de la Télégraphie Militaire qui en a assumé la direction.

Les amplificateurs à lampes sur le câble Brest-Dakar.

Le système d'amplificateur à lampes, imaginé par le Service d'Études et précédemment décrit (v. *Annales*, janvier-février 1922, p. 3), a été installé à Brest et à Dakar, sur le câble sous-marin reliant ces deux villes. La mise en service, retardée par diverses causes, a été définitivement effectuée en avril dernier et a donné d'excellents résultats.

L'énorme capacité électrostatique de ce genre de conducteur (1105 m. f.) ne permettait guère de dépasser 380 émissions, soit 95 lettres par minute. Grâce aux amplificateurs, elle a pu être augmentée progressivement, au fur et à mesure que le personnel s'est familiarisé avec les particularités de la nouvelle installation; elle est actuellement de 450 émissions et, sous peu, dépassera certainement 500. On peut donc compter sur un bénéfice de 40 °/₀, par rapport à l'ancien mode d'exploitation. Si l'on considère que la pose d'un second câble coûterait, actuellement, bien près d'une cinquantaine de millions, on voit que la nouvelle installation constitue un progrès sensible et une économie sérieuse.

REVUE DES PÉRIODIQUES

PÉRIODIQUES EN LANGUES ETRANGÈRES

Conditions imposées par l'administration britannique pour les appareils récepteurs de radiotéléphonie (*The P. O. Electr. Engin. Journal* : janvier 1923). — On trouvera indiquées ci-après les conditions que doivent remplir les postes servant à la réception du Broadcasting pour être approuvés par le Postmaster General. On peut voir qu'elles diffèrent un peu de celles auxquelles on s'était tout d'abord arrêté : les facilités concédées aux possesseurs d'une licence de réception sont plus étendues, mais des mesures rigoureuses sont prises pour empêcher que les postes récepteurs gênent les postes récepteurs voisins.

On sait que lorsqu'on se sert, pour recevoir de petites ondes, d'un amplificateur haute fréquence à plusieurs lampes, il est très difficile d'empêcher l'amplificateur d'osciller, même sans couplage à réaction. Aujourd'hui, le système est toléré jusqu'à un certain point pour les appareils isolés, mais il est interdit d'ajouter un nombre quelconque d'amplificateurs H.F. à un appareil qui n'en comportait pas. Tout appareil qui contient une amplification H.F. quelconque ou un dispositif d'accord quel qu'il soit, doit aussi comprendre le redresseur. On a constaté que même dans ces conditions, les appareils renfermant les amplificateurs H.F. oscillent et émettent des ondes qui sont parfaitement reçues par l'antenne d'un poste situé à environ 30 mètres du poste perturbateur. Ces postes n'ayant pas été approuvés, les constructeurs ont réussi à empêcher cet effet, gênant pour les postes voisins, en modifiant le montage.

On remarque qu'il n'existe aucune restriction en ce qui concerne la gamme de longueurs d'onde sur laquelle les amateurs sont autorisés à recevoir ; aux termes du paragraphe 6, on peut faire de la

réaction sur une autre lampe que celle qui est reliée à l'antenne, et engendrer ainsi autour de cette lampe-là des oscillations locales permettant de recevoir des signaux par ondes entretenues dans un appareil récepteur pour broadcasting autorisé. On a expérimenté des appareils avec réaction sur la plaque de la première lampe, pour se rendre compte de leur pouvoir rayonnant : les deux antennes étaient distantes de 30 mètres environ ; certains ne donnèrent aucune trace de rayonnement ; d'autres se montrèrent capables de gêner le poste voisin ; d'autres enfin furent reconnus nettement mauvais, aussi mauvais qu'un appareil à lampe unique avec réaction directe sur la bobine d'accord de l'antenne. On contrôla les résultats obtenus en permutant les deux appareils sans rien changer aux antennes, et en procédant par comparaison avec un récepteur autohétérodyne.

Jusqu'à fin novembre, on a soumis aux essais environ 700 appareils différents dont un grand nombre ont été jugés satisfaisants. A noter que l'autorisation implique seulement que l'appareil peut recevoir sur la gamme de longueurs d'onde 350-425 mètres, avec une antenne de 9 ou 30 mètres, et qu'il ne risque pas de causer de l'interférence. L'autorisation n'est pas une garantie de la qualité, etc... des appareils ; le grand nombre de modèles qu'on trouve aujourd'hui dans le commerce prouve qu'on n'a pas essayé de standardiser la construction ou la qualité.

La « British Broadcasting Co » n'est pas encore définitivement constituée ; à l'heure où ces lignes paraîtront, des transmissions de broadcasting seront faites tous les soirs, au nom de cette compagnie, par les trois stations émettrices suivantes : Londres (station de la Marconi Co, 369 mètres) ; Birmingham (station de la Western Electric Co, 425 mètres) et Manchester (station de la Metropolitan Vickers, 385 mètres).

Conditions que doivent remplir les postes récepteurs pour être agréés par le Post Office.

1. Tous les types de récepteurs peuvent être construits pour la réception des signaux de broadcasting de n'importe quelle longueur d'onde.

2. La construction des appareils sera telle qu'il soit difficile de modifier la disposition des circuits en se servant de connexions extérieures.

3. Sont soumis à autorisation les appareils suivants dont chacun doit consister en organes assemblés, connectés et montés dans une même boîte :

a) appareil d'accord et redresseur combinés ;

b) appareil d'accord, amplificateur H.F. et redresseur combinés ;

c) amplificateur de fréquences audibles (du type à lampe ou autre) ;

d) appareil d'accord, redresseur et amplificateurs de fréquences audibles ;

e) appareil d'accord, amplificateurs H.F., redresseur et amplificateurs de fréquences audibles.

En particulier, il faut que chaque panneau renferme tous les circuits à haute fréquence et les amplificateurs H.F. ainsi que le redresseur ; aucune restriction en ce qui concerne le nombre des amplificateurs H.F. et des fréquences audibles qui peuvent être groupés en un même appareil, pourvu toutefois que les autres conditions indiquées plus haut soient satisfaites. On peut ajouter à l'installation décrite en *a* et *b* un ou plusieurs amplificateurs pour fréquences audibles.

4. Aucun appareil récepteur de broadcasting ne doit comprendre de lampe risquant de faire osciller l'antenne.

5. Lorsque la réaction s'effectue sur le premier circuit de réception, elle ne doit pas être réglable ; elle doit être fixe et incapable de provoquer des oscillations.

6. Lorsqu'on utilise une réaction entre la deuxième lampe (ou une lampe suivante) et le circuit de plaque de la lampe reliée à l'antenne, soit directement soit par induction, et lorsqu'il n'existe, entre le premier circuit de réception et le premier circuit de plaque, aucun couplage spécifique susceptible d'engendrer des oscillations, la réaction peut être réglable.

7. Les appareils de réception seront essayés sur deux antennes longues de 9 et 30 mètres respectivement. Avec ces types d'antenne, les appareils devront recevoir sur toutes les longueurs d'onde



comprises dans la bande réservée au broadcasting (350-425 mètres).

8. Un coefficient de sécurité est à prévoir en ce qui concerne les risques d'amorçage d'oscillations et de production de phénomènes d'interférence. Dans ce but, on met les appareils en essais en augmentant d'environ 30 % la batterie haute tension, en changeant les lampes, etc..., mais sans toucher aux connexions soudées.

9. Le Postmaster General doit recevoir l'assurance que les postes à réaction pourront raisonnablement être reproduits tout en restant conformes aux règlements.

10. Les appareils autorisés recevront un numéro d'ordre ; les fabricants devront s'assurer que les appareils de réception ne risquent pas d'occasionner des troubles par interférence, avant de les mettre en vente. Tous les appareils vendus au titre broadcasting doivent porter la marque déposée de la « British Broadcasting Co » ainsi que le numéro de dépôt attribué par le Post Office.

11. Le modèle d'appareil ou de poste approuvé doit être conservé par le constructeur qui ne doit y apporter aucune modification. Le Postmaster a le droit de faire choisir, à n'importe quel moment, parmi les appareils mis en vente, un appareil ou poste quelconque, afin de vérifier s'il est rigoureusement conforme au modèle approuvé. Au cas où il serait reconnu qu'une copie du modèle approuvé utilisant la réaction fait osciller l'antenne réceptrice, le Post Office pourrait annuler l'autorisation de mettre en vente les appareils de ce type.

Aucune modification ne peut être apportée à la construction des appareils ou postes de réception, sans avoir été au préalable approuvée par le Postmaster General.

Remarque. — L'autorisation accordée par le Postmaster n'implique aucune garantie quant à la qualité, au fonctionnement, à la sensibilité des appareils.

Les constructeurs qui désirent faire vérifier et enregistrer des appareils doivent en faire parvenir un modèle, accompagné d'un schéma général des connexions, à M. l'Ingénieur en chef, Wireless Section, General Post Office West, Londres E. C. 1. Après essais, les constructeurs sont informés des résultats et priés de retirer les modèles.

Le projet anglais dit « la chaîne impériale de stations de T. S. F. » est abandonné (*Telegr. and Teleph. Age :* février 1923). — Un journal de Londres annonce une fois de plus — mais sans dire d'où il tient le renseignement — que le Gouvernement britannique, désireux de reprendre le projet de la « Wireless Chain », se propose d'acheter à Swindon un vaste terrain sur lequel on élèverait une station de T.S.F. très puissante.

Or, une personnalité, très au courant de la question, déclare ce ce qui suit :

« Je ne saurais dire qui a décidé d'acheter le terrain de Swindon, mais c'est un fait bien connu que le Gouvernement est dans cette intention depuis 1910. Deux Conseils d'Empire ont étudié successivement la question, mais rien n'a jamais été fait.

« De guerre lasse, les Colonies britanniques ont décidé de ne pas attendre la mise à exécution du projet officiel. L'Australie, l'Afrique du Sud, le Canada ont passé avec des compagnies privées des marchés relatifs à la construction et à l'exploitation de puissantes stations capables de communiquer avec les autres parties du monde.

« Fin janvier, le Conseil législatif des Indes a étudié le problème à son tour. Si l'on en croit la presse anglaise et la presse indigène, il est à peu près certain que les Indes insisteront pour que la station indienne soit installée et exploitée par l'industrie privée.

« S'il en est ainsi, il ne restera de la Chaîne impériale qu'une station unique, construite en Angleterre et exploitée par le Post Office. Ce sera une chaîne sans maillons, un projet intercolonial sans colonies !

« Le fait brutal, c'est que le projet du Gouvernement britannique est mort-né ; les décisions prises par les Dominions ont causé sa mort.

« Il est inconcevable que le Gouvernement actuel, qui doit s'attacher avant tout à faire de sérieuses économies, autorise ses services à vider le Trésor public pour réaliser un projet condamné d'avance ».

Radiotéléphonie d'information en Suède (*The Electrician :* 30 mars 1923). — Le Service Radio de l'Administration suédoise

des Télégraphes vient de faire connaître son point de vue en ce qui concerne le broadcasting. Le système préconisé se rapproche plus ou moins du système adopté en Grande-Bretagne. Les droits afférents aux licences seront versés à une Compagnie unique qui organisera les émissions suivant les termes d'un contrat passé pour une durée de 5 ou 10 ans.

Le Gouvernement installera tout d'abord des stations émettrices à Stockholm, Göteborg, Malmö et Orebro, puis dans un certain nombre d'autres villes. Ces stations seront louées à la Compagnie spécialement constituée pour assurer le service du broadcasting. En vue de favoriser l'industrie radiotéléphonique suédoise, il est question de la protéger contre la compétition des pays étrangers pendant deux ans. Les installations qui fonctionnent actuellement pourront être conservées moyennant payement de la taxe prévue pour la licence.

On estime à 115.000 couronnes les frais d'installation de chacune des stations émettrices, qui fonctionneront sur une longueur d'onde n'excédant pas 425 mètres. La Compagnie pourra émettre pendant sept heures chaque jour ; entre 18 et 21 heures, une demi-heure est réservée au Gouvernement au cas où il jugerait opportun de faire des communiqués par broadcasting. La réclame par broadcasting est interdite.

Il sera nécessaire d'apporter certaines modifications à la législation en vigueur concernant la T.S.F. ; par suite, l'Administration des Télégraphes a demandé au Gouvernement de soumettre la question, ainsi que ses propositions, au Riksdag.

Les zones de silence en radiotéléphonie (*Telegraph and Telephone Journal:* février 1923). — Depuis que la téléphonie sans fil s'est répandue en Grande-Bretagne, nombre d'amateurs ont constaté, à la réception, certains phénomènes bizarres que le journal *The Times* résume ainsi :

On se demande pourquoi les émissions de broadcasting faites à Londres sont entendues très faiblement dans le Yorkshire, alors qu'elles parviennent très nettes au nord de l'Écosse ; pourquoi les émissions de Newcastle arrivent moins bien en Écosse que celles de

Londres ; pourquoi Southampton et Portsmouth entendent mieux Manchester que Londres. En outre, on a découvert plusieurs régions où les signaux radiotéléphoniques ne peuvent être entendus. Quelle en est la raison ? La question se pose pour Didcot, Newbury et plusieurs autres localités.

En Amérique, il existe aussi des zones de silence. Les services radio de l'armée hollandaise ont essayé vainement de faire parvenir des signaux dans une certaine région d'une superficie de 10 km^2 environ. On suppose que les conditions géologiques, le relief du sol, la présence de nappes d'eau et certaines conditions atmosphériques sont en cause. On pense généralement que le phénomène du « fading » (1) et celui du silence complet sont les deux faces d'un même problème. On sait que le « fading » est très prononcé lorsque la transmission se fait sur une faible longueur d'onde ; ceci explique pourquoi les amateurs anglais entendent plus facilement les émissions de Paris et de la Haye que celles faites en Angleterre même. Lorsque la longueur d'onde dépasse 600 mètres, le « fading » est beaucoup moins sensible. Les stations de broadcasting travaillent, en général, sur 400 mètres de longueur d'onde. On a constaté que les zones de silence se déplacent lorsque la longueur d'onde change. On a reçu à Gibraltar des émissions faites à Newcastle ; à Bridlington (port situé sur la mer du Nord, à 318 kilomètres de la Métropole) on a entendu Londres avec un poste à galène. A Brighton, les réceptions sont des plus capricieuses ; certains attribuent ce phénomène à la nature calcaire du sol dans cette région, mais rien ne justifie cette hypothèse.

Application à la radio des principes techniques de la transmission par conducteurs (*Bell Telephone Quarterly* : janvier 1923). — Les systèmes de communication avec et sans fil sont soumis, en principe, aux mêmes conditions générales. M. Lloyd Espenschied vient de publier un article où il se propose de déve-

(1) Les signaux reçus faiblissent graduellement jusqu'à disparaître tout à fait, puis redeviennent normaux après un laps de temps plus ou moins long. Le phénomène se reproduit souvent plusieurs fois de suite.



lopper, pour la radio, les points de vue qui sont familiers aux ingénieurs des communications par fil. Il compare entre elles les caractéristiques de transmission pour une grande échelle de distances. Pour les distances courtes, la comparaison est favorable aux liaisons par fil. Malgré qu'aux grandes distances, l'affaiblissement des ondes électriques guidées par des fils de ligne soit supérieur à celui des ondes hertziennes non dirigées, il convient de remarquer qu'actuellement l'emploi des amplificateurs intermédiaires, destinés à renforcer l'énergie transmise, est plus économique dans le cas des transmissions par fil que dans celui des transmissions sans fil. Pour que la transmission soit économique, il faut que la quantité d'énergie utilisée au départ soit aussi minime que possible ; le trafic par fil est à ce point de vue plus favorisé que le trafic sans fil. Faisant allusion aux lignes continentales, prolongées par des liaisons sans fil, qui ont permis d'établir une communication entre l'île Catalina (Océan Pacifique) et un navire évoluant dans l'Atlantique, M. Espenschied dit que si l'on n'avait eu recours à l'amplification en cours de route, il aurait fallu au départ une énergie globale de $1{,}8 \times 10^{29}$ kilowatts, c'est-à-dire une somme d'énergie supérieure à celle qu'on peut se procurer actuellement dans le monde entier. Or, grâce aux amplifications successives, l'énergie réellement utilisée n'atteignait pas un kilowatt.

M. Espenschied discute ensuite les phénomènes d'interférence entre messages, les perturbations atmosphériques et étudie les moyens préconisés pour rendre les signaux utiles plus intenses que les parasites dans les systèmes avec et sans fil. Puis, il étudie les restrictions imposées à la transmission bilatérale par le « chant » du système tout entier qu'il s'agisse de systèmes avec fil, de systèmes sans fil ou de systèmes mixtes. Ensuite, il discute la méthode qui permet d'améliorer la transmission par suppression du courant porteur et d'une bande de composantes. Enfin, il énumère les conditions à réaliser pour obtenir une transmission absolument supérieure.

Développement méthodique de la téléphonie automatique en Angleterre. (J. Radford : *P.O. Electr. Engin.*

Journal : janvier 1923). — A l'heure actuelle, on dispose d'un nombre suffisant de données techniques et financières pour pouvoir prendre rapidement une décision, et la transformation en automatique du système manuel dans tout le pays n'est sans doute qu'une question de temps.

Service dans les régions possédant plusieurs centraux. — Il a été décidé de créer des régions à service automatique en partant du principe adopté lors de la revision des tarifs téléphoniques. Chacune des régions, comprenant le territoire limité par une circonférence tracée en prenant pour centre le bureau téléphonique qui donne son nom à la circonscription (circonférence d'un rayon de 8 km.), prendra le nom de « région à plusieurs bureaux » ; tous les bureaux de la région, qu'on jugera convenables, seront équipés en automatique. Dans le central automatique principal, il y aura un multiple manuel qui écoulera la totalité du trafic manuel de la région ; de même, on installera dans ce central principal le service des mesures pour toute la région.

Ceci ne veut pas dire que toutes les régions seront, à ce point de vue, traitées de la même façon ; toutefois, il est probable que les seules exceptions se rapporteront aux villes très importantes et aux circonscriptions où il existe, notamment, des centraux dont la capacité totale n'est pas encore atteinte, car autrement le procédé serait anti-économique. En ce qui concerne les grandes villes (Londres comprise), on se rend compte que le problème est excessivement compliqué ; outre les problèmes relatifs à la construction des immeubles, aux questions d'ordre technique et d'exploitation, il existe une foule de questions (construction des installations, facilités de raccordement avec les autres installations, frais de construction et d'entretien du système jugé préférable aux autres), qui doivent être examinées soigneusement avant que les autorités responsables prennent une décision ferme.

On trouvera indiqués ci-dessous quelques-uns des facteurs dont il faudra tenir compte, car leur importance est capitale :

1° Dans l'ensemble, le système doit satisfaire aux normes fixées relativement à la transmission.

2° Les organes de commutation doivent : permettre d'établir entre

tous les centraux de la région ouverts au service de raccordement gratuit, un nombre non limité de liaisons et de séparer le trafic des centraux ne rentrant pas dans cette catégorie, c'est-à-dire des centraux séparés les uns des autres par une distance supérieure à 8 km., afin que le trafic soumis à surtaxe puisse être écoulé par l'intermédiaire du multiple manuel, dont les opératrices tiennent la comptabilité des communications à surtaxer.

3° Les installations doivent permettre aux abonnés d'appeler les centraux de la région qui continuent à fonctionner manuellement et, en outre, faire déclancher automatiquement le compteur de conversations lorsque l'abonné demandé répond.

4° Elles doivent encore permettre d'assurer le service interurbain, le service des renseignements, celui des télégrammes téléphonés et le service des mesures, en triant les appels correspondants qui seront traités dans la forme prévue par les règlements.

Centraux automatiques dont la construction est a l'étude.

Régions à plusieurs centraux.	Nombre des centraux	Remarques
Leeds	Chapeltown	Bureau principal déjà en service
»	Stanningley	— —
»	Headingley	— —
»	Roundhay	
Dudley	Brierley Hill	Bureau principal déjà en service
Portsmouth	Gosport	— —
West Hartlepool	3	
Harrogate	4	
Bedford	2	
Oxford	3	
Ipswich	1	
Exeter	2	
Southport	5	
Burnley	3	
Leicester	12	
Newcastle	16	
Colwyn Bay	8	Llandudno compris
Folkestone	4	
Chesterfield	4	
Preston	6	
Edimbourg	10	
Hanley	10	
Nottingham	10	
Bath	7	
Middlesbrough	9	Marton inclus
Macclesfield	4	
Keighley	6	
Coventry	4	
Plymouth	8	

5° Enfin, elles doivent enregistrer les signaux de fin de conversation transmis par les centraux situés hors la région, et permettre le passage, via le central automatique principal, des conversations destinées aux abonnés des autres centraux automatiques ou manuels de la région.

La téléphonie sur des lignes d'énergie (*Electrical World* : janvier 1923). — Il existe actuellement en Europe une douzaine environ de réseaux de transport d'énergie à haute tension utilisés en même temps pour établir des communications téléphoniques ; les installations donnent toute satisfaction. Un courant porteur à haute fréquence est superposé au courant industriel à basse fréquence ; la ligne de transmission et le sol complètent le circuit oscillant. Les frais, par poste, s'élèvent à trois ou quatre mille dollars. Les principales installations sont les suivantes :

Ligne Golpa-Rummelsbourg (Allemagne), longueur : 144 km.; tension : 110.000 volts.

Ligne Hirschfelde-Dresde (Allemagne), longueur : 96 km.; tension : 110.000 volts.

Ligne Harbke-Nachterstedt (Allemagne), longueur : 48 km.; tension : 50.000 volts.

Ligne Genève-Lausanne (Suisse), longueur : 72 km. ; tension : 55.000 volts.

Ligne Untra-Vartan (Suède), longueur : 144 km.; tension : 110.000 volts.

Ligne Aarlifoss-Skien (Norvège), longueur : 80 km.; tension : 65.000 volts.

Ligne Askim-Christiania (Toien) (Norvège), longueur : 80 km. ; tension : 65.000 volts.

L'installation Aarlifoss-Skien est l'une des plus anciennes. Dans chacune des deux stations, on trouve : un transmetteur, un récepteur, des dispositifs d'appel, un tableau qui permet de charger automatiquement la batterie d'accumulateurs et un moteur-générateur à 600 volts. Tous ces appareils sont installés dans la salle d'où partent les lignes d'énergie, sauf le microphone et le récepteur téléphonique qui se trouvent sur la table de l'ingénieur qui dirige la station.

Quand on décroche le récepteur, les lampes à vide s'allument, le moteur-générateur est mis en marche; les ondes à haute fréquence excitent un relais monté dans un circuit résonnant et la sonnerie d'appel fonctionne. Lorsqu'on décroche le récepteur au poste d'arrivée, la sonnerie est mise hors circuit, les lampes à vide fonctionnent et le moteur-générateur est mis en marche. Pour permettre une communication bilatérale, on utilise deux fréquences différentes à la transmission et à la réception ; elles correspondent à des longueurs d'onde de 1.560 et 1.720 mètres respectivement.

Le couplage des appareils téléphoniques aux lignes d'énergie constituait un problème difficile. Tout d'abord, on posa des fils en dessous des conducteurs à haute tension, entre la station et le premier ou deuxième pylône. Cette construction ne donna pas de résultats satisfaisants en raison de ce que la capacité entre l'antenne de couplage et la terre était beaucoup plus grande qu'entre l'antenne et la ligne d'énergie ; il en résultait des pertes considérables.

On se sert aujourd'hui de condensateurs à papier montés entre les appareils qui produisent le courant porteur et les lignes d'énergie dont la tension atteint parfois 75.000 volts. Sur le réseau Aarlifoss-Skien, et sur la ligne située entre les stations de transformateurs de Askim et de Christiania (Toien) récemment équipée, les condensateurs ont un diamètre extérieur de 7 centimètres et une longueur de 1 m. 20 environ. Deux condensateurs sont montés en série ; on les a préalablement soumis à une tension dix fois plus élevée que la tension normale pour s'assurer qu'ils pouvaient en tout temps protéger les appareils téléphoniques contre les surtensions. La protection est encore assurée : par un éclateur dont la limite critique est basse et dont la capacité est grande (200 ampères à des tensions comprises entre 2.000 et 3.000 volts) ; par des coupe-circuits ; par un bon isolement entre le circuit oscillant ouvert et le circuit oscillant fermé de l'installation.

Pour des tensions très élevées (80.000 à 110.000 volts), le prix des condensateurs devient prohibitif, et le danger des sursions augmente. En ce cas, le couplage est assuré au moyen d'une bague en cuivre concentrique à l'isolateur d'entrée pose

contre le mur du bâtiment. Entre la bague et le sol, il y a une tension de l'ordre de 100 environ ; aussi, on isole la bague du mur au moyen de trois isolateurs en porcelaine. Lorsqu'il y a seulement une ligne triphasée, les bagues qui entourent les trois isolateurs d'entrée sont reliées entre elles : il y a couplage de capacité avec la ligne de transmission d'énergie. On utilise alors la terre pour fermer le circuit oscillant. Quand il y a deux lignes de transmission, on utilise des bagues de capacité sur la seconde ligne au lieu de prendre la terre comme fil de retour.

Ce système présente par rapport à la téléphonie par conducteurs ordinaires un sérieux avantage en ce sens qu'il ne souffre pas des perturbations, même importantes, qui peuvent se produire sur les lignes à haute tension. La communication téléphonique est encore satisfaisante quand un ou deux des conducteurs à haute tension sont coupés ou mis à la terre. Lors de l'installation de la ligne Aarlifoss-Skien, on a procédé à une série d'expériences fort intéressantes dans le but de s'assurer jusqu'à quel point la ligne d'énergie pouvait être endommagée sans pour cela rendre impossibles les conversations téléphoniques. Les deux postes sont reliés par le même conducteur à haute tension et il y a deux lignes triphasées. Le conducteur commun étant rompu et la ligne à haute tension étant mise à la terre en trois points différents, la communication téléphonique restait possible.

Applications de la théorie des probabilités aux problèmes de la téléphonie (E. C. Molina, *Bell System Technical Journal :* novembre 1922). — On sait depuis longtemps que le calcul des probabilités est d'un grand secours pour les ingénieurs des téléphones qui ont à préparer des extensions. Tel est le cas, surtout depuis 1905, époque où le perfectionnement des systèmes automatiques en était arrivé au point où la question du rendement relatif des groupes de lignes de raccordement de différents modèles prenait une importance capitale. Ce sont donc les développements pris par la téléphonie automatique qui ont donné un grand essor à l'application de la théorie des probabilités à la solution des problèmes de la technique téléphonique. M. Molina traite certains

problèmes assez simples en les réduisant chacun à une sorte de problème des dés (equivalent dice problem.) ; ils peuvent alors être résolus avec un degré d'approximation satisfaisant, à l'aide des méthodes bien connues du calcul des probabilités.

Les récepteurs et microphones thermiques (*Zeitschrift für Fernm. Werk und Gerätebau* : juillet et août 1922). — Les expériences de Preece et Forbes ont, il y a longtemps déjà, prouvé qu'en faisant varier la température des corps incandescents, des fils métalliques particulièrement, il était possible de produire des effets téléphoniques et microphoniques rythmés sur les vibrations acoustiques ; cependant, c'est depuis peu qu'on a imaginé et construit des appareils pratiques utilisant le phénomène signalé.

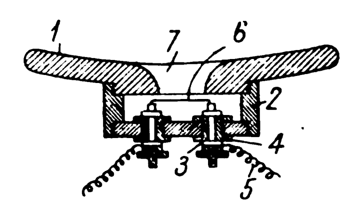


Fig. 1.

On peut considérer comme l'ancêtre des appareils modernes, le téléphone thermique inventé par MM. Abraham et Carpentier en 1907 (fig. 1). Un pavillon en ébonite 1, muni d'une ouverture 7 (qui peut être aussi fermée par une membrane), est fixé sur un boitier métallique 2, dont l'intérieur est nickelé ou doré. Deux tiges isolées du boitier, et où sont fixés les fils téléphoniques, sont réunies à l'intérieur du boîtier par un fil ténu 6, qu'on appelle fil de Wollaston, ou par une bande d'or en feuille. On sait que pour préparer un fil à la wollaston, on argente un fil de platine très fin ; lorsqu'on a décapé ce fil à l'eau-forte, l'argent a disparu ; il ne reste que l'âme en platine.

Le fil fin 6, en s'échauffant et en se refroidissant alternativement, communique à l'air ou au gaz renfermé dans l'appareil, l'énergie provenant des courants de conversation qui le parcourent ; il se

produit des variations de pression du milieu gazeux ; ce sont ces variations que l'oreille enregistre comme des sons. On se rend compte que ces variations dues à l'effet Joule doivent être proportionnelles au carré de l'intensité du courant téléphonique, c'est-à-dire que chaque crête d'onde, qu'elle soit positive ou négative, produit une poussée d'air ou de gaz. Étant donné que chaque onde sonore possède deux crêtes, l'une positive, l'autre négative, il s'ensuit que le récepteur thermique ne reproduit pas la parole sur le ton initial, mais un octave plus haut. Il y aurait encore un autre inconvénient : la chaleur produite variant comme le carré de l'intensité, les courants plus intenses seraient préférés aux plus faibles lors de la répétition des sons simples (voyelles) ; par conséquent, les différentes parties d'un mot ne seraient pas également bien reproduites. Pour remédier à ces deux inconvénients, il est indis-

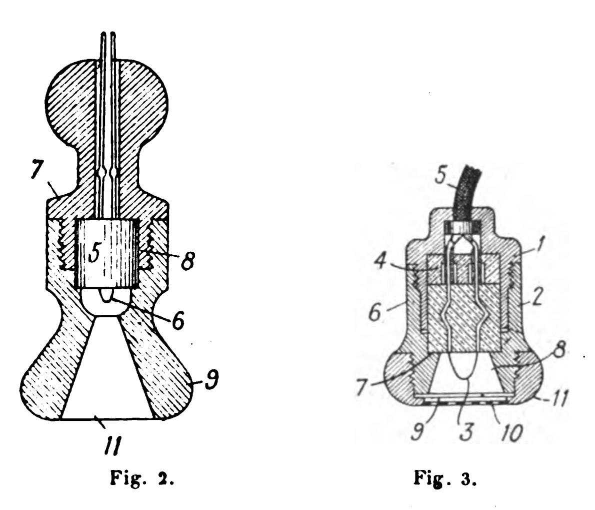


Fig. 2. Fig. 3.

pensable de faire passer dans le récepteur thermique un courant constant auquel se superposera le courant de conversation. On retrouve ici quelque chose qui rappelle l'aimant permanent d'un récepteur magnétique. Le dispositif est le suivant : une forte batterie d'accumulateurs produit le courant constant qui est appliqué aux bornes du téléphone thermique et qui rend le fil incandescent ; une bobine de transformateur superpose les courants de conversation au courant continu.

Le pavillon 1 est supprimé dans un autre modèle de cet appareil, que l'on peut alors introduire dans le conduit auditif. Le téléphone

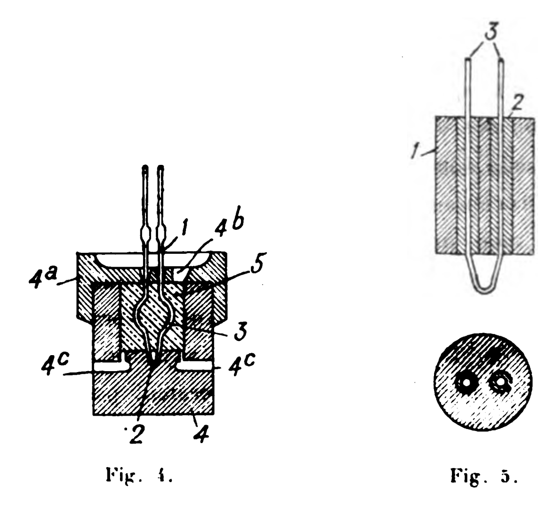


Fig. 4. Fig. 5.

thermique qu'on vient de décrire possède tous les organes essentiels ; il constitue la base de tous les développements ultérieurs.

Le brevet allemand n° 242.831 du 31 octobre 1909 se rapporte à la fabrication de fils de Wollaston en forme d'étrier. Pour que cette fabrication soit possible étant donnée l'extrême finesse du fil, il faut donner à celui-ci sa forme définitive avant de le décaper à l'eau-forte, puis l'enduire d'une matière isolante, non attaquable par les acides, qui maintienne solidement les deux extrémités du fil et qui laisse l'étrier de chauffage suffisamment libre pour permettre le décapage. La figure 2 représente un récepteur thermique prêt à être introduit dans le conduit auditif ; le fil thermique 6 dépasse le corps isolant 5. Le fil est intentionnellement réuni aux fils de ligne par un contact à fiches (fig. 3). La figure 4 représente la matrice qui sert à fabriquer le bloc isolant 5. On donne au fil sa forme en étrier, au moyen d'un poinçon ou autrement, en le coudant légèrement comme on voit en 3 sur la figure 4, pour que le fil soit plus solidement maintenu en place dans le bloc 5. Le fil est alors posé dans la matrice et on verse la matière isolante en fusion par l'ouverture 4 *b* ; 4 *c* sont des prises d'air. Lorsque la masse est refroidie, on extrait le tout de la forme et on décape le fil en étrier en

le plongeant dans l'eau-forte. D'après ce procédé, il est clair qu'on peut construire des pièces de rechange interchangeables ayant sensiblement la même longueur que le fil thermique. La figure 5 se rapporte au brevet 247.910 qui est une variante du système précédent : le fil passe dans deux rainures, pratiquées dans le bloc, qu'on remplit ultérieurement avec le corps en fusion. La figure 6 représente une autre méthode (brevet n° 309.415) : les fils et leurs prolongements sont disposés de façon à se tenir seuls dans les trous du bloc. La figure 7 (brevet n° 247.911) montre comment on peut encore prendre le fil entre deux demi-blocs qui sont ensuite rapprochés l'un de l'autre et maintenus en place au moyen d'un collier.

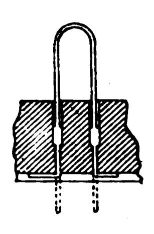


Fig. 6.

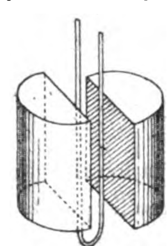


Fig. 7.

Lorsqu'on sort le fil de l'eau-forte, il faut prendre de grandes précautions pour éviter que celui-ci se plie ou s'incline sous le poids des gouttelettes de liquide. D'après le brevet n° 316.402 du 17 janvier 1918, l'eau-forte doit être renfermée dans un récipient qui permette d'abaisser le niveau du liquide après décapage, de façon à ce que le fil émerge tout naturellement ; on enlève par évaporation les traces d'acide sur le filament ; on peut le faire encore par aspiration ou par tout autre procédé pratique.

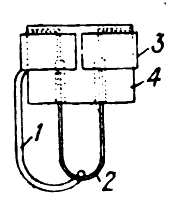


Fig. 8.

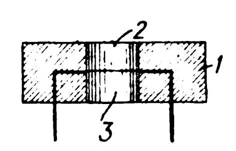


Fig. 9.

Les risques de détérioration du fil en étrier diminuent encore si

au lieu d'utiliser de l'eau-forte on utilise des vapeurs d'acide azotique (brevet n° 296.134).

Enfin (brevet n° 342.902) on peut encore se servir d'un dispositif de soutien 1 du fil 2 ; avant décapage, celui-là est fixé au fil et au bloc (par deux agrafes 3) ; le fil est ainsi maintenu d'une manière rigide pendant l'opération ; quand celle-ci est terminée, on enlève avec soins le dispositif de soutien.

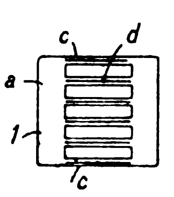


Fig. 10.

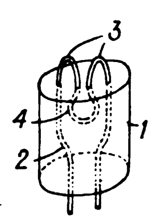


Fig. 11.

On voit sur la figure 9 un autre genre de fil de Wollaston (brevet n° 245.897) avec support, qui convient pour les appareils qu'on n'utilise pas en les enfonçant dans le conduit auditif.

D'après le brevet n° 254.274, il existe d'autres procédés que le système Wollaston ; ce sont les procédés électrolytiques de fabrication des fils thermiques. Une plaque métallique *a* de forme appropriée, munie de bandes *c* (fig. 10) est revêtue d'une couche isolante qu'on enlève aux points *d* où reposeront plus tard les fils thermiques ; par conséquent, en ces points le métal est à nu ; on peut le recouvrir là d'un dépôt électrolytique de platine. Ensuite, la plaque est entourée d'une gaine isolante qui ne laisse libres que les parties à attaquer par l'acide ; le tout est porté dans l'eau-forte qui ronge le métal employé jusque là comme soutien, et les fils fins obtenus électrolytiquement demeurent seuls.

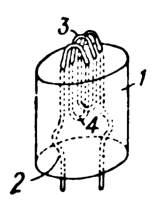


Fig. 12.

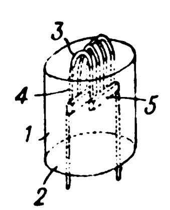
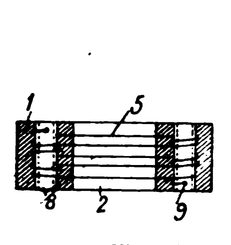
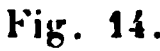


Fig. 13.

Ce procédé doit donner des fils thermiques d'une structure rigoureusement identique.

Pour des raisons mécaniques, on ne peut pas donner une très grande longueur aux fils thermiques, — qui doivent être très fins pour remplir convenablement leur rôle, — car le fil en étrier, fragile comme il est, pourrait facilement se rompre ou se boucler, surtout si le récepteur est manipulé sans précautions. D'autre part, pour que l'audition soit satisfaisante, il est nécessaire que la surface d'échauffement, c'est-à-dire la longueur du fil thermique, ne soit pas trop faible. Ce problème délicat a reçu diverses solutions ; tantôt, on soutient par un procédé quelconque un fil trop long pour se tenir seul ; tantôt, on monte plusieurs fils courts en parallèle ou en série, tantôt enfin on utilise une combinaison de ces deux procédés.




Fig. 14.

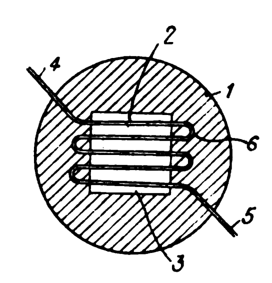


Fig. 15.

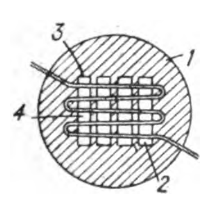


Fig. 16.

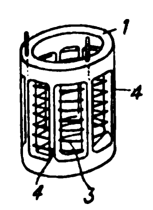


Fig. 17.

Le brevet n° 247.152 se rapporte au groupement dans un même bloc de plusieurs fils en étrier, reliés, soit en série (fig. 11 et 12), soit en parallèle (fig. 13). Les brevets n° 247.912 (fig. 14) et n° 247.914 (fig. 15) se rapportent à un autre montage des fils thermiques. Les tiges portantes 8 et 9 (fig. 14) font, en même temps, partie d'un contact à fiches qui assure la liaison avec les fils télé-

phoniques. D'après le brevet n° 247.913, on se sert de tiges portantes émaillées qui rendent possible le montage en série des fils individuels. Pour loger un certain nombre de ceux-ci dans un très

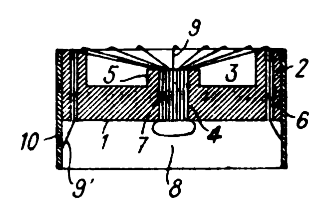


Fig. 18.

petit espace, il est important de les rapprocher l'un de l'autre, mais en évitant toutefois qu'ils se touchent lorsqu'ils se dilateront sous l'effet de la chaleur. C'est pourquoi il est bon de soutenir les fils au moyen de plusieurs nervures transversales. Les figures 16 et 17. sont extraites du brevet n° 249.192 qui se rapporte à ce système et à d'autres du même genre. La figure 18, extraite du brevet n° 283.703, se rapporte à une variante des systèmes couverts par le brevet précédent. Ici, les fils thermiques 9 sont amenés sur le bloc isolant 1 et se groupent au milieu, sur une tige de jonction soudée 8. Cette construction doit être facilement exécutable. D'après le brevet n° 259.961, le fil thermique, qui a la forme d'un anneau, est soutenu par deux languettes qui, alternativement, appartiennent à l'une ou à l'autre de deux bagues conductrices séparées par un corps isolant. Ces bagues servent pour l'arrivée et la sortie du courant. On a essayé aussi d'utiliser à la fois un plus grand nombre de fils thermiques en étrier, soit en les réunissant comme le

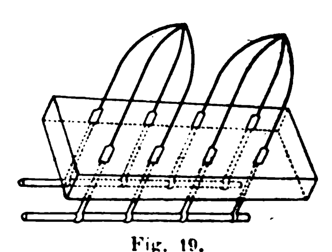


Fig. 19.

montre la figure 19 (brevet n° 338.859), soit en utilisant des supports spéciaux rappelant celui de la figure 8 (brevet anglais

n° 5.842, 1915). La figure 20 (brevet n° 310.385) se rapporte à un autre système thermique ; un fil enroulé en forme d'hélice est serré entre deux tiges, les points de contact étant soudés. Chaque demi-pas de vis constitue un fil thermique. Enfin, on a aussi essayé de conserver au fil thermique, en S par exemple, toute sa longueur initiale. C'est ainsi que le brevet n° 297.633 prévoit, dans ce but, l'emploi comme support de certains corps, comme la porcelaine, le marbre, etc. qui, en réalité, peuvent s'échauffer, mais qui pourtant

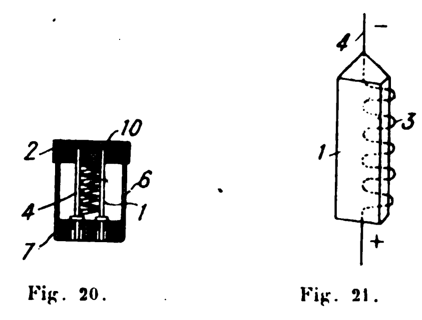


Fig. 20. Fig. 21.

ne risquent pas d'occasionner de courts-circuits parce qu'ils sont mauvais conducteurs. En pareil cas, le fil thermique peut être constitué par une plaque en feuille métallique très mince, ou être déposé par électrolyse sur les supports mêmes. De plus, on peut utiliser comme support un métal, en le séparant du fil thermique par un corps mince mauvais conducteur de l'électricité, mais bon conducteur de la chaleur. La combinaison, dans un but commun,

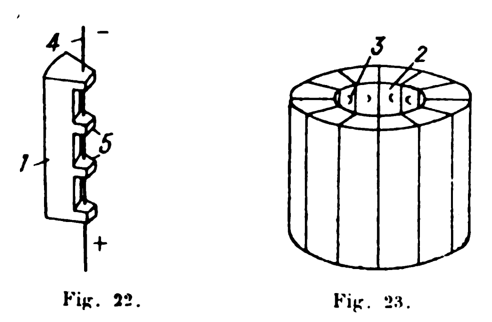


Fig. 22. Fig. 23.

de l'action de plusieurs fils thermiques, a été réalisée de diverses autres façons. C'est ainsi qu'on peut voir sur les figures 21 et 23

(brevet 254.248), le groupement plus important de plusieurs sections thermiques semblables. D'après la figure 24 (brevet n° 297.246) on voit qu'on a renoncé au bloc isolant et que chaque fil thermique en étrier est serré dans une rainure du support. D'après le brevet n° 305.716 (fig. 25) les fils thermiques relient deux bagues conductrices concentriques isolées l'une par rapport à l'autre ; dans le bre-

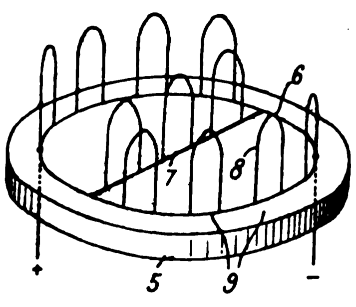


Fig. 24.

vet n° 206.014, on propose de poser individuellement les étriers (munis à leur base d'un plot percé), sur les tiges-supports, de façon à ce qu'on puisse procéder au remplacement de tout fil détérioré sans toucher aux autres. Le brevet 318.481 protège le dispo-

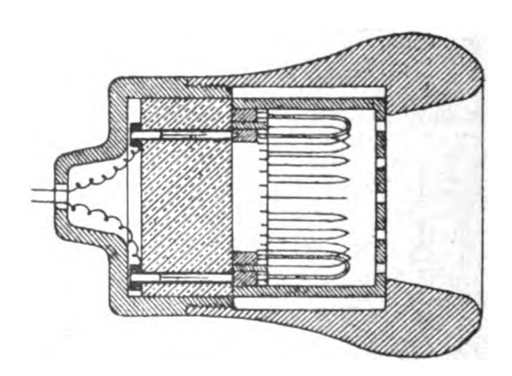
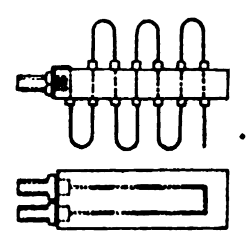


Fig. 25.

sitif représenté sur la figure 26 ; les fils thermiques sont de part et d'autre de la plaque-support. On peut voir d'après les montages représentés ici combien varient les formes données aux fils thermiques.

Pour augmenter la surface de chauffage, on a recours à d'autres procédés ; au lieu d'augmenter la longueur du fil mince, on augmente sa surface extérieure, c'est-à-dire qu'on revient aux bandes ou plaques de platine, préparées suivant la méthode de Wollaston. Dans le brevet anglais n° 5.843 (1915), on propose d'employer un fil de Wollaston, dont la section transversale a la forme d'une lentille. On peut encore rapprocher de ce système, celui qui consiste à employer un fil plat en S (voir plus haut) et ceux représentés sur les figures 27 et 29, couverts par le brevet n° 271.740. Les bandes de Wollaston sont d'abord passées au



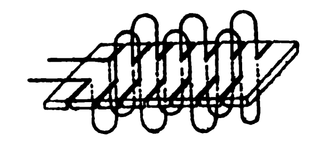
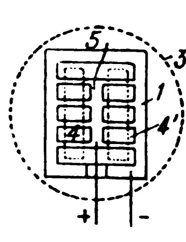


Fig. 26.

poinçon (ce qui leur donne une plus grande homogénéité), puis munies d'un bloc comme pour les fils thermiques (le bloc est indiqué en pointillé sur les fig. 27 et 28), et enfin décapées à l'eau-forte. D'après le brevet n° 348.534, les bandes ou feuilles métalliques servant de fils thérmiques doivent être disposées parallèlement l'une à l'autre et très près l'une de l'autre ; il y a intérêt à ce que les surfaces de chauffage soient ainsi groupées ; en effet, on évite les pertes



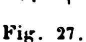


Fig. 27.

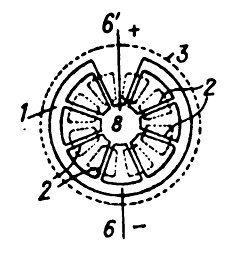


Fig. 28.

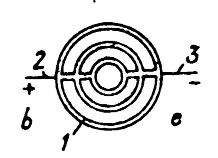


Fig. 29.

de chaleur, et le refroidissement se fait plus régulièrement. Comme le montrent les figures 30, 31 et 32, on donne aux fils des formes qui rappellent, de plus ou moins près, la spirale ou le zigzag.

On réussit à élever la température du fil, par conséquent à renforcer les sons, en chargeant très fort les fils, c'est-à-dire en poussant le chauffage le plus possible, mais en même temps en captant rapidement la chaleur pour que le fil ne fonde pas. Le brevet n° 297.633, dont il a été déjà question, protège un système de ce genre. De même le brevet n° 296.331 dont la figure 33 est extraite.

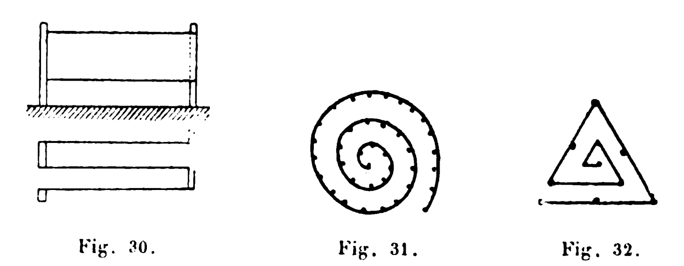


Fig. 30. Fig. 31. Fig. 32.

Ici, le fil thermique 1 est appuyé contre un bloc d'une substance non conductrice de la chaleur, qui le soutient ; cette substance peut être du marbre ou tout autre corps semi-conducteur, ou encore un métal revêtu d'un isolant.

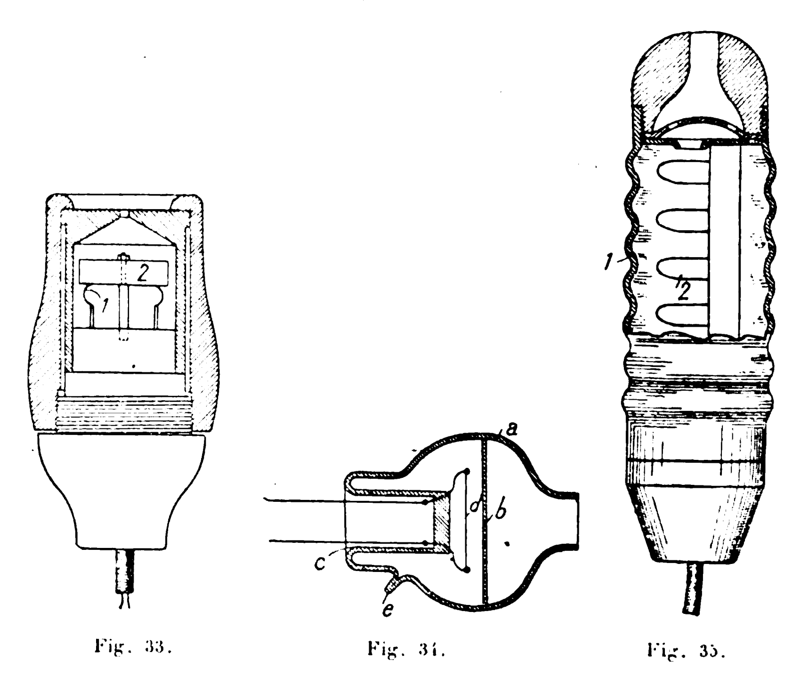


Fig. 33. Fig. 34. Fig. 35.

On peut aussi refroidir énergiquement le fil thermique en le baignant non plus dans l'air, mais dans un gaz très bon conducteur de la chaleur. D'après le brevet n° 276.033, le meilleur gaz, à ce point de vue, serait l'hydrogène. Sur la figure 34, on voit une ampoule en verre *a* soufflée en même temps que la membrane *b* excessivement mince; le pied *c* porte le fil thermique *d*. Par la tubulure *e*, on remplit d'hydrogène tout l'espace environnant le fil, puis on ferme *e* à la lampe. Il convient de rapprocher *d* le plus possible de *b* et d'avoir un volume de gaz très petit.

Il est avant tout nécessaire de faire disparaître rapidement la chaleur lorsqu'un grand nombre de fils thermiques se trouvent groupés dans un espace étroit; le brevet anglais n° 5.840 de 1915 (fig. 35) se rapporte à un appareil renfermé dans un étui à paroi ondulée qui permet une dissipation plus rapide de la chaleur. Les figures reproduites au cours de l'article renseignent sur la forme et l'agencement intérieur des boîtiers des appareils thermiques. Nous ne passerons en revue que certains types d'appareils dont le boîtier est conditionné de façon particulière.

L'emploi des récepteurs thermiques qu'il faut placer dans le conduit auditif est critiquable du point de vue hygiénique, surtout quand plusieurs personnes utilisent un même appareil. Le brevet anglais n° 5.845 (1915) remédie à cet inconvénient; la capsule 1 (fig. 36) peut s'emboiter dans un pavillon téléphonique ordinaire 2, à l'aide d'une douille à ressort 3; on applique l'écouteur à l'oreille dans la forme habituelle. La construction des capsules offre des inconvénients, en raison de ce qu'on ne tient pas compte de la forme du conduit auditif qui n'est pas la même chez tous les individus. Pour qu'aucune énergie sonore ne se perde, il faut que la capsule appuie bien contre les parois du conduit et le remplisse complètement. On peut, suivant la forme intérieure de l'oreille de chacun, modifier le volume de la capsule en lui adjoignant une partie accessoire 3 comme le montre la figure 37.

Pour améliorer l'audition, on a reconnu l'importance de la dimension et de la forme du milieu sonore, c'est-à-dire du volume d'air sur lequel agissent les variations de l'énergie des fils thermiques. Le brevet n° 297.449 prévoit l'emploi d'un organe n° 12

(fig. 38), dont la forme et les dimensions ont été calculées avec soin, et qui répond au but poursuivi. Le brevet anglais 5.839 (1915) préconise l'emploi d'un manchon mobile 10 (fig. 39). Le haut du boîtier principal 3 est hermétiquement fermé ; le dessus 8 renferme des ouvertures 7, dont les sorties 14 dans le couvercle 13 du manchon 10 ont des dimensions et occupent des emplacements jugés le plus convenables. En tournant la douille autour de son axe, on donne plus ou moins de passage aux ondes sonores et l'on fait

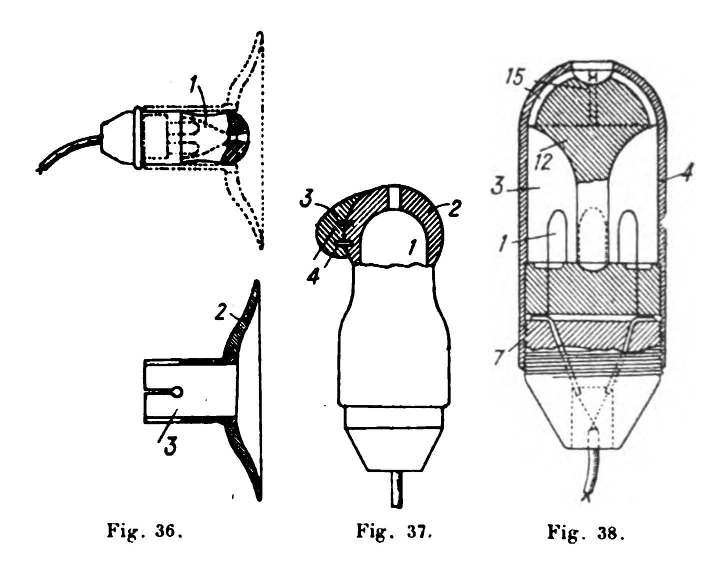


Fig. 36. Fig. 37. Fig. 38.

ainsi varier à volonté leur intensité. En élevant le manchon (lignes pointillées de la figure 39), on peut augmenter le volume d'air intérieur et s'arrêter au point le plus favorable ; on forme devant 15 une sorte d'antichambre 16 ; 15 et 16 sont réunies par les trous 17. Dans un autre modèle d'appareil, le couvercle 8 est supprimé de sorte que 15 et 16 ne forment plus qu'une seule chambre acoustique.

La figure 40 représente un appareil pour personnes dures d'oreille (brevet 297.247) : le boîtier 1 est disposé pour loger plusieurs groupes 2 de fils thermiques superposés et séparés l'un de l'autre par des bagues 3. Toutes les chambres acoustiques se trouvent reliées par les ouvertures 4. Ce sont les contacts à fiches 5 qui acheminent le courant.

Ces liaisons échelonnées permettent d'apporter certains changements à la disposition intérieure des récepteurs thermiques ; on peut par exemple supprimer un groupe de fils ou les permuter. L'auriste peut, suivant le degré de surdité du patient, ordonner un appareil ayant la puissance voulue, de même que l'oculiste prescrit tel numéro de verres à lunettes. Au-dessus des plus hauts fils thermiques, on voit un tube qui augmente suivant les besoins le volume de la cage acoustique.

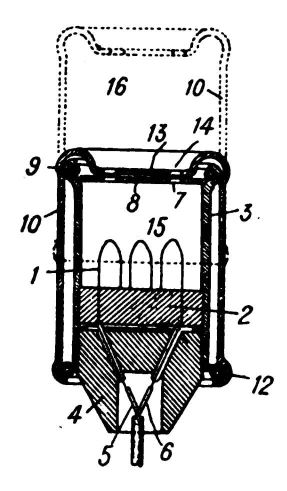


Fig. 39.

Un téléphone de ce modèle est si léger qu'il n'est pas nécessaire de le suspendre à un crochet lorsqu'on a fini de s'en servir ; d'après le brevet 301.033, on le laisse pendre au cordon tout simplement. Comme le montre la figure 41, lorsqu'on prend le téléphone pour le porter à l'oreille, le crochet commutateur se relève de lui-même en entraînant le cordon et les choses se passent comme avec un récepteur ordinaire. Lorsque la conversation est terminée, on retire l'appareil de l'oreille et on le laisse tomber doucement ; les connexions prennent la position de repos. On voit que la manœuvre est ici des plus simples ; on ne risque pas, comme avec les appareils ordinaires, d'oublier de « raccrocher » à la fin de la communication.

De cet aperçu rapide, on peut conclure que le téléphone thermique, en particulier, a été suffisamment perfectionné pour devenir

un appareil pratique; on peut donc espérer que rien ne s'opposera plus à ce qu'on s'en serve toutes les fois qu'il y aura lieu de faire

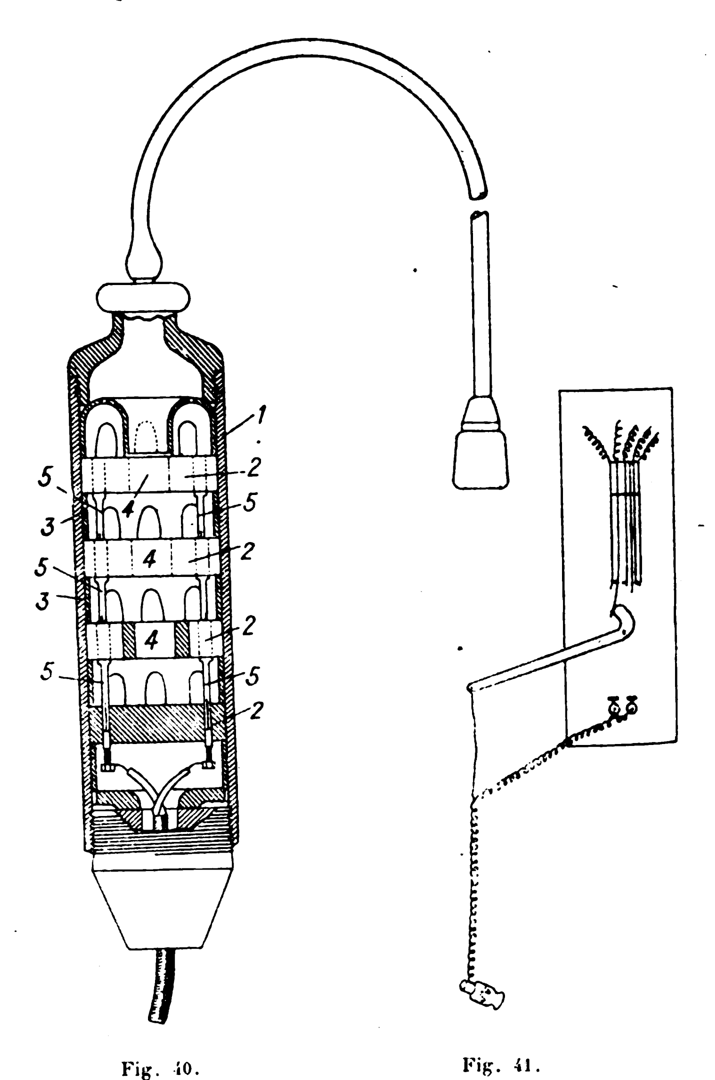


Fig. 40. Fig. 41.

appel aux qualités qui le distinguent du téléphone électromagnétique, c'est-à-dire une grande fidélité dans la reproduction de la parole, une grande netteté.

La téléphonie à haute fréquence sur les lignes de transport d'énergie au Japon. (*The Wireless World and Radio Review* : décembre 1922.) — La compagnie japonaise de transport d'énergie triphasée à 55.000 volts Ujigawa Electric, a procédé à des expériences de téléphonie à haute fréquence sur les fils de son réseau d'énergie afin de relier la centrale aux sous-stations et de remplacer, ainsi, la téléphonie ordinaire qui ne procure qu'une communication.

Le couplage des appareils de transmission et de réception à la ligne triphasée a lieu au moyen d'une antenne bifilaire de 400 mètres de long, disposée à 2 ou 3 mètres au-dessous des fils d'énergie. Les communications sont reçues sur des antennes séparées, identiques à celles utilisées pour la transmission. Les longueurs d'ondes utilisées sont de l'ordre de 1.000 et de 1.700 mètres, ce qui permet d'obtenir deux conversations simultanées entre différents points de ce réseau. La distance franchie a été de 34 kms.

Un concert par téléphonie sans fil entendu d'Amérique en Angleterre. (*Wireless World and Radio Review* : décembre 1922.) — Le lundi 27 novembre à 1 h. 15 du matin environ, le principal opérateur de la maison Burndept de Londres, M. Ridley, accordait son poste dans l'espoir de surprendre les essais envoyés par les amateurs américains sur petites ondes.

Il a été surpris d'entendre des bribes d'une musique éloignée avec l'appel plusieurs fois répété WJZ, qui est l'indicatif de la station de Newark (New-Jersey) située à 5.037 kilomètres de Londres. Pendant plus d'une heure le concert continua et on entendit un prélude de Chopin entre autres; la longueur d'onde était de 320 mètres. Pendant qu'il écoutait, M. Ridley n'entendit pas moins de neuf postes d'amateurs s'appelant les uns les autres. La station la plus éloignée était Chicago qui est située à 7.489 kilomètres de Londres

INFORMATIONS ET VARIETES.

Le Post Office poursuit les auteurs d'infractions aux règlements du Broadcasting. — Le Post Office britannique vient d'engager, pour la première fois, des poursuites contre les propriétaires de postes radiotéléphoniques qui ne possèdent pas la licence réglementaire. A Oldham, un contrevenant a été condamné à une amende de 40 shillings et aux frais du procès, malgré qu'il ait déclaré, pour sa défense, qu'il ne se croyait pas tenu de posséder la licence en question. Des monteurs, envoyés pour relever un dérangement signalé dans l'installation de l'abonné, avaient constaté qu'une prise de terre de poste radio était branchée sur le fil de terre du poste téléphonique.

En ce qui concerne les licences pour appareils construits de toutes pièces par les amateurs, il est probable que le tarif unitaire sera porté à une guinée pour dédommager la « British Broadcasting Co » du manque à gagner qu'elle subit de ce chef.

Le déplacement des postes récepteurs de radiotéléphonie. — En réponse à une question posée par un député anglais, le Postmaster General a déclaré que les postes de réception pouvaient être *temporairement* transportés d'un domicile à un autre. Voici les termes mêmes de sa réponse : « La licence donne le droit d'utiliser le poste récepteur à l'adresse indiquée sur cette licence. Je n'ai pas l'intention d'interdire le transport du poste d'une adresse à une autre ; toutefois si le déplacement n'est pas provisoire, il faut aviser le bureau de poste qui a délivré la licence, afin qu'il modifie en conséquence les documents de service ».

M. Chamberlain a ajouté : « On a constaté qu'un très grand nombre de personnes, qui avaient demandé des licences pour postes servant à des expériences, ne sont pas des expérimentateurs

STATIONS DE RELAIS	RELAIS EMBROCHÉS		RELAIS SUR CORDONS	
	NOMBRE	CIRCUITS	NOMBRE	CIRCUITS POUVANT ÊTRE CONNECTÉS PAR L'AMPLIFICATEUR
Paris interurbain.	1	Londres-Zurich.	4	77 circuits figurant au tableau ci-annexé.
Bordeaux.	»	»	1	Paris 1° et 2°- Madrid.
Bourges.	»	»	1	En cours d'installation.
Bruxelles.	»	»	1	Paris-Bruxelles 4° et 5°-Amsterdam direct-Amsterdam secours-Rotterdam.
Charleville.	1	Nancy-Bruxelles.		
Chaumont.	7	Paris-Metz 3° fils 1 et 2. Paris-Metz 4° fils 7 et 8. Paris-Wiesbaden fils 9-10. Paris-Coblence fils 5-6. Paris-Sarrebruck fils 3-4. Paris-Sarrebruck combinés/1-2 3-4. Paris-Trèves comb. 7-8, 9-10.		
Clermont-Ferrand.	1	Paris-Cette.		
Dijon.	1	Bourges-Nancy.		
Limoges.	5	Paris-Toulouse 1° et 2°. Paris-Bordeaux USA. Bourges-Bordeaux USA. Tours-Bordeaux USA.		
Lyon.	2	Paris-Marseille 3°. Paris-Nice.	2	Avignon 1° et 2°-Besançon-Bordeaux Bourges-Cette-Clermont f[d] 1°-Dijon 2°-Genève 2°-Marseille 3°-Marseille 1°-Moulins-Nancy-Nîmes Paris 1°-Turin 1°-Zurich.
Metz.			1	En cours d'installation.
Nice.			1	Gênes-Turin-Paris-Marseille.
Reims.	3	Épinal-Rouen 1° et 2°. Épinal-Le-Havre.		
Saint-Nazaire.	1	Paris-Quimper USA.		
Strasbourg.			1	Paris L. 2, 3, 4-Berlin 897-Francfort 9, 185 et 297/3602-Metz 92 95 Nuremberg-Ludwigshafen 74-Landau (Mayence 10052) Landau 75-Sarreguemines (Sarrebruck 2974) Sarreguemines 501.
Tours.	4	Paris-Quimper USA. Paris-La-Rochelle USA. Paris-Bordeaux USA. Paris-Limoges USA.		

bona fide ; il en est résulté une certaine lenteur dans la délivrance des licences de l'espèce, mais je vais prendre des mesures pour remédier à cet état de choses ».

Utilisation des relais amplificateurs dans le réseau téléphonique français. — Les *Annales des Postes Télégraphes et Téléphones* de septembre 1921 ont déjà montré le parti que l'Administration française avait tiré des amplificateurs provenant des stocks de l'armée américaine. Depuis cette époque le nombre des relais en service a sensiblement doublé, il atteint actuellement le nombre de 38. Parmi ces relais, 26 sont embrochés sur de longs circuits dont ils diminuent l'affaiblissement. 12 sont sur cordons et permettent de donner des communications de transit entre deux postes qui ne pourraient correspondre sans amplification.

Les relais sont répartis ainsi qu'il est indiqué dans les tableaux ci-après :

CIRCUITS AMPLIFIÉS A PARIS-INTERURBAIN

Paris-Londres 5°.
d° 6°.
d° 7°.
d° 3°.
Paris-Bruxelles 4°.
d° 5°.
d° 2°.
Paris-Lausanne-s./Dijon 2°.
— Turin.
— Bordeaux 1°.
— d° 2°.
— Caen 2° et 3°.
— Cette.
— Clermond-Ferrand 1° et 2°.
— Dijon 1° et 4°.
— Lille 6°, 7°, 8°.
— Limoges 1°.
— Lyon 2°, 3°, 4°.
— Marseille 1° et 2°.
— Le Mans 2°.
— Nancy 1° et 4°.
— Nantes 1° et 2°.
— Orléans 1° et 2°.
— Rouen L°, 3°, 7°.
— Tours 2°, 4°.
— Toulouse.
— Strasbourg-s./Nancy 3°.
— d° s./Nancy 4°.

Paris-Angers 1° et 2°.
— Annemasse.
— Arras 1°.
— Belfort 1°.
— Besançon 1° et 2°.
— Boulogne-sur-Mer 1° et 2°.
— Calais 1°.
— Cherbourg.
— Dieppe 2° et 3°.
— Dunkerque 1° et 2°.
— Epinal 1° et 2°.
— Havre 1°, 5°, 7°.
— Metz U S A 1-2.
— d° 7-8
— Mulhouse-s./Vesoul 1°.
— d° s./Epinal 3°.
— Nice.
— La Rochelle.
— Saint-Étienne.
— Saintes.
— Vannes.
— Vichy.
— Lons-le-Saunier.
— Bâle (combiné Belfort 1-2).
— Zurich (Belfort 2°).
— Rennes 1°.
— Reims 1°.

Conséquences de l'utilisation des relais amplificateurs. — Les relais amplificateurs ont permis de réduire considérablement le poids du cuivre nécessaire aux communications à grande distance. Le fil de 3^{mm} est devenu le fil standard les pour communications aériennes à grandes distances ce qui, en dehors de l'économie réalisée, rend interchangeables tous les fils d'une même nappe aérienne.

Sans parler des câbles téléphoniques à grandes distances dont l'usage n'est possible que grâce aux amplificateurs, l'amplification sera presque toujours à prévoir sur tout nouveau circuit d'une longueur supérieure à 300 kilomètres, le nombre des amplificateurs utilisés sur le réseau aérien français est donc appelé à devenir de plus en plus grand. Cela ne va pas sans quelques complications. Ainsi qu'il résulte d'un article de M. Valensi paru dans les *Annales* de mars 1921, l'amplification dépend de la perfection de l'équilibrage des circuits par des lignes artificielles. Cet équilibrage n'est possible que si les circuits sont sensiblement homogènes ; il faudra donc éviter dans la construction les changements de calibre, les courtes sections en câble pour la traversée des villes et des tunnels. D'autre part l'équilibrage ne peut être réalisé d'une façon précise que par des mesures en courant alternatif qui devront entrer en France dans la pratique téléphonique comme elles le sont depuis longtemps en Amérique et en Angleterre. La valeur d'un circuit dépendra non seulement du bon état des lignes mais aussi du bon entretien de l'amplificateur d'où la nécessité de prévoir l'organisation d'un service chargé d'installer, d'entretenir et de contrôler les amplificateurs en service.

Téléphonie automatique. Le système à relais. — La revue *Engineering* (n^{os} des 29 sept., 6 et 13 oct. 1922) a publié un intéressant article sur l'équipement d'un central automatique d'après le système de la *Relay Automatic Telephone C°.* On y trouve une description détaillée du relais standard utilisé. Le système est aussi étudié au point de vue de son application aux tableaux d'abonnés (usines, banques, bureaux, etc.). La valeur maximum de la résis-

tance de ligne est de 250 ohms pour les lignes d'abonnés, et de 1.600 ohms pour les lignes de raccordement.

Chaque poste téléphonique est muni d'un cadran d'appel semblable à ceux qu'on retrouve dans les autres systèmes automatiques. Quand un abonné appelle, sa ligne se branche automatiquement sur une « ligne de départ » reliée à un circuit de raccordement. Pendant la manœuvre du cadran, un « enregistreur » (recorder), faisant partie d'un groupe d'enregistreurs analogues, est connecté à la ligne appelante pour recevoir les impulsions. Quand cette manœuvre est terminée, l'enregistreur est momentanément relié à un « chercheur » (marker) commun à tout le central. Le chercheur identifie la ligne demandée d'après la position de l'enregistreur, et force l'équipement de la ligne et la ligne appelée à trouver une « ligne d'arrivée » reliée au circuit déjà retenu par la ligne appelante. Lorsque la communication est ainsi complètement établie, le « chercheur et « l'enregistreur » reviennent tous deux à la position de repos.

Plusieurs figures montrent le schéma général des connexions des petites installations, ainsi que la manière dont les communications sont établies. L'article contient en outre la description détaillée des meubles renfermant les appareils ; il se termine par quelques considérations sur les facilités supplémentaires qu'il faut nécessairement envisager dans le cas d'un central téléphonique public.

Les calculs expérimentaux d'Heaviside (John R. Carson) — La science des communications électriques doit beaucoup à Oliver Heaviside pour sa remarquable théorie de la transmission sur conducteurs et, en particulier, pour avoir insisté sur l'importance de l'inductance. Les méthodes expérimentales auxquelles il a eu recours pour résoudre les équations différentielles (qui sont le fondement de la théorie des circuits électriques), sont généralement moins connues mais n'en sont pas moins importantes. Ces méthodes sont particulièrement avantageuses pour résoudre nombre d'importants problèmes de la transmission électrique.

La méthode de calcul d'Heaviside est, en deux mots, la suivante : les problèmes sont représentés sous forme d'une série d'équations différentielles comprenant le facteur $\frac{d}{dt}$; les équations différentielles

sont ensuite transformées en équations algébriques par la substitution du symbole p au facteur $\frac{d}{dt}$; grâce à cet artifice, on obtient une solution purement symbolique. Cette solution reçoit le nom de « formule opératoire ».

Pour interpréter cette formule purement symbolique, Heaviside procède comme suit : en comparant directement la formule opératoire des problèmes spécifiques à la solution explicite connue, il assigne un sens déterminé au symbole p. Puis, par induction, il obtient des règles spécifiques généralisées qui permettent de trouver la formule opératoire.

Dans son étude, M. Carson, — qui attaque le problème en se plaçant à un point de vue différent — montre que la formule opératoire d'Heaviside est l'équivalent sténographique d'une équation intégrale d'où l'on peut déduire les méthodes et règles de ses calculs expérimentaux.

Rapport entre les revenus et les loyers ; distribution des valeurs locatives, par W. C. Helmle. — Quand on équipe un réseau téléphonique, il est divers organes dont la capacité doit permettre d'écouler non seulement le trafic actuel mais encore celui à prévoir après un certain nombre d'années ; tel est notamment le cas pour les locaux et installations des centraux téléphoniques, pour les conduites souterraines, câbles aériens et souterrains. Pour effectuer économiquement les installations, il est nécessaire de connaître le plus exactement possible l'importance que le service téléphonique aura prise dans 5, 10 et même 20 ans. Ces prévisions sont indispensables en ce qui concerne le choix des installations, leur équipement, la fixation des tarifs etc..., surtout dans les villes à plusieurs centraux téléphoniques. Pour ces villes, les estimations sont faites en tenant compte de ce que sera le marché à l'époque (dans 15 ou 20 ans), ainsi que du développement des téléphones pour des tarifs bien déterminés ; les prévisions portent le nom d' « aperçu commercial » ; elles impliquent une étude des divers facteurs susceptibles d'influer sur le développement industriel et commercial de la ville, ainsi que sur la nature des quartiers (quartiers commerciaux

et bourgeois). On commence par classer les familles suivant leurs moyens pécuniaires et, en même temps, on note le nombre de postes téléphoniques en service dans chaque classe. L'opération se fait dans toutes les grandes villes ; les résultats obtenus, joints à d'autres renseignements, servent de guides aux ingénieurs chargés de préparer les extensions du « Bell Telephone System ».

En général, les revenus d'une famille sont un indice des commodités que cette famille cherche à se procurer ; le service téléphonique fait partie de ces commodités. Le prix des loyers est un autre indice ; l'étude de M. Helmle a précisément pour but de dégager le rapport qui lie revenus et loyers. Ces derniers sont faciles à connaître et à classer ; il n'en est pas de même en ce qui concerne les revenus d'un grand nombre de familles. Mais, s'il est théoriquement facile, en étudiant les valeurs locatives, de comparer les demandes d'abonnement au téléphone ainsi que l'usage plus ou moins fréquent qu'on fait du téléphone dans diverses localités, pratiquement le procédé soulève quelques difficultés ; la raison est la suivante : entre plusieurs villes les loyers payés pour des logements semblables varient beaucoup plus que le prix de la nourriture ou du vêtement. De plus, le prix des loyers varie suivant les quartiers. On a essayé vainement de comparer les distributions des valeurs locatives en se servant des procédés statistiques ordinaires. Toutefois, on a trouvé une méthode de représentation graphique des distributions comparées entre elles, ainsi qu'un index des relèvements du prix des loyers. On a constaté qu'on pouvait tracer des courbes comparatives sur papier logarithmique pour obtenir des lignes droites pour un grand nombre de villes importantes. Bien qu'il n'ait pas été possible d'attribuer une signification spéciale à la valeur particulière de l'index pour une ville quelconque, celui-ci semble rester pratiquement constant quelles que soient les variations du niveau des prix généraux. Dans un appendice, M. Helmle discute les particularités mathématiques de la courbe logarithmique.

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages divers

Le royaume des cieux. Un peu du secret des étoiles, par Charles Nordmann, astronome de l'Observatoire de Paris.

Voici un livre qui dévoile les mystères du ciel et expose les magnifiques et récentes découvertes de l'astronomie sur l'habitabilité de la lune et des planètes, sur les étranges influences magnétiques que le soleil exerce sur nous, sur la structure des étoiles et des nébuleuses, leur évolution et leur température. Les phénomènes électriques singuliers que le soleil produit dans notre haute atmosphère et qui expliquent les grandes portées actuellement obtenues en T.S.F. sont en outre longuement expliqués dans ce volume.

Des études, dont les conclusions surprendront, sont consacrées en outre à cette étrange mystification qui s'appelle « les canaux de Mars », et à la question de savoir si la terre tourne, question qui n'est nullement résolue comme le croit la science classique.

L'auteur n'est pas seulement un astronome éminent qui sait rendre clairs les problèmes scientifiques les plus ardus, c'est aussi un poète qui, dans une langue imagée, fait sentir l'harmonie des choses célestes.

Tous ceux que hantent les énigmes de l'Univers et l'angoisse du problème des destinées feront de ce volume leur livre de chevet. — Un volume petit in-8°, broché : 7 francs (librairie Hachette).

Printing telegraph systems and mechanisms, par M. H.-H. HARRISON. Éditeurs : Longmans, Green and C°, London E. C., 4-1 vol. relié de 435 pages, 642 figures. Prix : 21 schellings net.

Ce manuel technique est le deuxième d'une série d'ouvrages relatifs à la télégraphie et à la téléphonie, édités sous la direction de Sir W. Slingo, Ingénieur en chef retraité du Post Office britannique. A la suite des principes élémentaires de la télégraphie et des différents codes, on y trouve la description détaillée et l'explication du mode de fonctionnement des appareils imprimants (Hughes, Baudot, Murray, Creed, Siemens, Multiplex américains, etc...) groupés par catégorie pour que le lecteur puisse se rendre facilement compte des perfectionnements successifs apportés aux divers systèmes.

Dans la préface, M. Harrison rend hommage à l'ingéniosité des inventeurs et en particulier à celle des ingénieurs français Baudot et Picard.

Le Gérant,

LÉON EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS.

12e ANNÉE. — N° 7. JUILLET 1923. PRIX : 3 fr.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE.
3 RUE THÉNARD, PARIS Ve

Prix de l'Abonnement annuel : France .... 30 francs ; Étranger .... 34 francs.

COMMISSION DES ANNALES

DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une Commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes.*

Cette Commission se réunit à l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VIIe.

NOTA : La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

SUR LE ROLE DU SOLEIL

DANS LES TRANSMISSIONS RADIOTÉLÉGRAPHIQUES ET LA FORMATION DE LA COUCHE DE HEAVISIDE

Par M. Charles NORDMANN,
Astronome de l'Observatoire de Paris.

Les *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* de janvier 1923 ont publié un très intéressant exposé du professeur J. A. Fleming sur « les Progrès de la Télégraphie sans fil depuis vingt ans » (1).

Une grande partie de ce remarquable mémoire est consacrée à la couche conductrice dont on suppose l'existence dans la haute atmosphère terrestre pour rendre compte des singulières influences aujourd'hui bien constatées que le soleil exerce sur les transmissions radiotélégraphiques, et qui ont notamment pour effet de rendre les portées de la T. S. F. plus grandes en l'absence du rayonnement solaire.

Sans vouloir aujourd'hui entrer dans la discussion des interprétations physiques diverses qui ont été proposées pour rendre compte du mécanisme par lequel agit cette couche atmosphérique conductrice — et dont plusieurs sont inconciliables entre elles — je voudrais brièvement attirer l'attention sur un problème particulièrement important soulevé par le professeur Fleming.

La couche aérienne élevée et conductrice à laquelle on attribue les grandes portées de la T. S. F. et les variations horaires de celles-ci est aujourd'hui communément appelée « couche de Heaviside ». Sa conductibilité, comme celle des gaz en général, provient de ce que ses atomes sont ionisés, et il est admis que cette

---

(1) *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, 12e année, n° 1, p. 1-61.

ionisation est causée par le rayonnement solaire. Mais comment agit ce rayonnement pour ioniser l'atmosphère supérieure ?

Pour répondre à cette question, M. Fleming invoque un phénomène qui a été autrefois suggéré par le professeur Arrhenius comme rendant compte de l'action bien constatée du soleil sur les variations du magnétisme terrestre et de la formation des aurores boréales. Ce phénomène consiste en ceci que les poussières, particules et gouttelettes qui se trouvent dans l'atmosphère du soleil cessent, lorsqu'elles sont suffisamment petites, d'être attirées par la gravité solaire et subissent alors l'action prépondérante de la pression de radiation, de la pression de Maxwell-Bartoli qui tend au contraire à les chasser loin du soleil. Le calcul montre qu'il suffit pour cela que les particules considérées (si on suppose, pour fixer les idées, leur densité égale à 1) aient des diamètres inférieurs à 15 millionnièmes de millimètres.

Ces poussières, d'après l'hypothèse d'Arrhenius, seraient chargées d'électricité négative, et, repoussées jusqu'à la terre par le rayonnement solaire, elle pénétreraient dans notre atmosphère supérieure et s'y déchargeraient en ionisant celle-ci. Le temps mis par ces particules pour franchir la distance qui nous sépare du soleil varierait en général entre 22 heures et 76 heures et ne pourrait dans les circonstances les plus favorables, et selon les calculs d'Arrhenius, jamais être inférieur à 16 heures.

Telle est l'explication fournie par J. A. Fleming, et empruntée par lui à Arrhenius, du mécanisme producteur de la « couche d'Heaviside ».

Or je me propose de montrer, à la lumière de certains faits d'observation sur lesquels l'attention n'a pas été jusqu'ici suffisamment attirée, que cette explication ne résiste pas à l'examen et qu'elle doit être exclue du nombre des hypothèses pouvant expliquer, d'une manière admissible, la formation de la « couche d'Heaviside ».

Nous rappellerons tout d'abord que cette couche atmosphérique ionisée, longtemps avant d'être invoquée pour expliquer les grandes portées radiotélégraphiques, était unanimement considérée par les astrophysiciens comme pouvant seule rendre compte

de l'action du soleil sur les variations et les perturbations magnétiques et sur les aurores boréales. Les théoriciens, unanimes à ce sujet, ne différaient — comme il ne diffèrent encore aujourd'hui — que lorsqu'il s'agissait d'attribuer à tel agent, à tel rayonnement, à telle émission solaire, plutôt qu'à tels autres, l'ionisation des couches élevées de notre atmosphère. C'est ainsi qu'Arrhenius a invoqué à cet effet, selon le mécanisme qui vient d'être exposé, l'action des particules solaires électrisées et repoussées par la pression de Maxwell-Bartoli. C'est ainsi que M. Birkeland et M. Deslandes ont invoqué dans le même dessein l'hypothèse de rayons cathodiques qui seraient émis par le soleil ; c'est ainsi que moi-même (1) j'ai émis l'hypothèse que l'ionisation de notre atmosphère supérieure et les phénomènes connexes seraient causés par des ondes hertziennes qui seraient émises dans les orages formidables de l'atmosphère solaire de même qu'on sait qu'ils sont émis dans les décharges électriques de notre atmosphère. Ce sont ces ondes hertziennes solaires qui, dans cette hypothèse — et conformément à la propriété connue de ces ondes d'ionisation illuminant les gaz raréfiés — rendraient conductrice la couche d'Heaviside et favoriseraient la formation des aurores boréales et des perturbations et variations magnétiques.

Peut-on trouver un critérium expérimental entre les théories en présence ? Il semble que cela soit possible si on arrive à connaître *la vitesse avec laquelle les perturbations du soleil se transmettent au magnétisme terrestre* (et on sait depuis longtemps que les perturbations magnétiques sont intimement liées à celles de l'atmosphère du soleil et de sa surface).

Puisque l'agent solaire, invoqué par Arrhenius, de la conductibilité de notre atmosphère a besoin de plus de seize heures pour franchir la distance soleil-terre ; puisque d'autre part les ondes hertziennes franchissent cette distance en 8 minutes comme la lumière ; puisqu'enfin les rayons cathodiques la parcourent en un temps qui, pour les rayons cathodiques les plus rapides connus (les rayons Bêta de certaines substances radioactives et dont la

(1) *Annales de l'Observatoire*, t. IX.

vitesse n'est inférieure que de moins d'un dixième à celle de la lumière) serait à peine supérieur à 8 minutes; puisque, dis-je, les vitesses de propagation des agents physiques invoqués dans les diverses théories rivales ne sont pas les mêmes, l'étude de cette vitesse est capitale. C'est elle qui pourra nous fournir le critérium cherché capable de départager ces théories.

Il est une autre question, à tous égards *essentielle*, et sur laquelle cependant les astronomes n'ont pas jusqu'ici porté suffisamment leur attention, puisqu'il n'existe aucun travail sur ce sujet; c'est celle de la *vitesse avec laquelle les perturbations du soleil se transmettent au magnétisme terrestre*. L'étude de cette vitesse est certainement capitale ; elle paraît de nature à nous renseigner d'une manière précise sur le caractère de ces phénomènes et la nature exacte de l'agent physique par l'intermédiaire duquel nos aiguilles aimantées subissent d'une manière aussi surprenante le contre-coup des éruptions du soleil. Et c'est, enfin, dans cette étude que nous pourrons trouver le critérium certain des diverses théories qui ont été émises pour expliquer ces faits.

Pour toutes ces raisons, nous avons voulu apporter sur ce point une contribution personnelle, si minime fût-elle :

Nous ferons d'abord brièvement quelques remarques indispensables sur les limites des erreurs d'observation que l'on peut rencontrer dans l'étude des coïncidences entre les phénomènes solaires et magnétiques. Les enregistreurs magnétiques en usage dans les divers observatoires sont, soit du type Addie (en Angleterre notamment), soit du type Mascart (en France, etc.). Sur les courbes enregistrées par ces appareils, l'échelle des temps est malheureusement assez petite : dans les courbes de l'appareil Mascart, 1^{mm} d'abscisse correspond à 6 minutes de temps (dans l'appareil Addie l'échelle est légèrement plus grande et 1^{mm} d'abscisse correspond à environ 4 minutes) ; si l'on se rappelle d'autre part que la largeur du trait imprimé photographiquement n'est guère moindre (quand l'appareil est bien réglé) que $0^{mm},5$; que cette largeur est elle-même très variable, au moment des perturbations, sur une même courbe, et dépend de la rapidité des mouvements des aimants, on comprendra qu'avec

une échelle aussi réduite il est difficile de faire, au delà d'une certaine limite, des mesures parfaitement précises sur ces courbes. De plus, de légères erreurs peuvent résulter : 1° de la descente du châssis (commandé par un mouvement d'horlogerie) et dont la régularité n'est pas parfaite comme le montre l'expérience; 2° de l'allongement ou du retrait du papier photographique selon son état hygrométrique; 3° en cas de reproduction, du soin apporté au décalque (et nous n'avons pu étudier directement dans ce travail que les courbes originales de l'Observatoire de Nice; pour les autres stations nous n'avons eu à notre disposition que des décalques que l'on a bien voulu nous envoyer ou les reproductions lithographiques trouvées dans les publications). Pour toutes ces raisons, nous estimons (d'accord en cela avec M. Moureaux, directeur de l'observatoire du parc Saint-Maur, et M. Ellis, chef du service magnétique à Greenwich) qu'il n'est guère possible de garantir l'heure à moins de $\pm$ 2 minutes sur les courbes que nous avons étudiées.

D'ailleurs cette limite d'erreur est elle-même beaucoup plus faible, comme nous le verrons, que les différences qui nous permettront de faire un choix entre les diverses théories.

Pour faire ce travail nous avons étudié parallèlement les littératures du Soleil et du magnétisme terrestre depuis une vingtaine d'années, et cela le plus complètement possible. Ce n'est que depuis une quinzaine d'années environ que l'on possède en France et dans quelques pays un enregistrement continu des phénomènes magnétiques. Auparavant les observatoires anglais seuls possédaient des enregistreurs, et à Greenwich même, on n'a commencé à publier quelques courbes qu'il y a vingt ans. Quant au Soleil, l'étude continue de sa surface n'est réalisée nulle part; on ne l'observe d'une manière un peu suivie que dans quelques observatoires d'Europe et d'Amérique, c'est-à-dire que pendant au moins 12 heures par jour nous n'avons aucun renseignement sur ce qui se passe dans le Soleil. Nous n'avons eu depuis 40 ans que deux époques d'activité solaire, vers 1881 et vers 1892, et ce n'est que pour cette dernière que l'on possède autre part qu'en Angleterre l'enregistrement continu des pertur-

bations magnétiques. Pour toutes ces raisons, le champ de notre recherche a été singulièrement limité.

Enfin, et pour éviter toute cause d'erreur, toute équivoque dans l'interprétation des faits (et la nature même de cette recherche nous commandait cette précaution), nous avons volontairement exclu de notre étude tous les phénomènes d'activité solaire (d'ailleurs assez nombreux) dont on n'a pas rigoureusement observé le *début*, tous ceux qui ne se sont pas manifestés d'une manière *brusque* et, pour ainsi dire, instantanée. Des considérations exposées ci-dessus, il résulte que la probabilité pour qu'une manifestation soudaine d'activité, ainsi caractérisée, se produisant sur le Soleil, soit observée sur un point de la Terre, est évidemment très faible. Ainsi Young qui, toute sa vie, observa le Soleil visuellement et spectroscopiquement, d'une manière presque continue, n'a eu l'occasion d'observer que deux ou trois phénomènes de ce genre. Mais si, dans ces conditions, le nombre des phénomènes solaires éruptifs que nous aurons à considérer est forcément limité, les conclusions que nous pourrons tirer de chacun d'entre eux auront d'autant plus d'importance et semblent devoir être d'autant plus nettes.

Rappelons tout d'abord les quelques phénomènes ayant les caractères définis plus haut, qu'on a observés lors des deux maxima d'activité solaire qui ont suivi le milieu du siècle dernier. Ces faits sont restés classiques :

1° L'observation faite par MM. Carrington et Hodgson le 1er septembre 1859 est célèbre : ce jour-là ces deux astronomes, dans deux stations distinctes, virent simultanément un phénomène dont ils ont donné l'un et l'autre la description complète (1), consistant en deux ponts lumineux extrêmement brillants qui se formèrent *brusquement* au bord d'une grande tache et disparurent au bout de 5 minutes, après avoir parcouru environ 58.000^{km}. Les deux observateurs s'accordèrent à dire que le début soudain du phénomène s'était produit entre 11^h 18^m et

(1) *Monthly Notices of the Roy. Astron. Society*, t. XX (1859), Carrington, p. 13-15, Hodgson, p. 15-16.



$11^h\ 20^m$ (temps moyen de Greenwich). Or, les courbes magnétiques de l'observatoire de Kew (le seul établissement qui, à notre connaissance, possédât à cette époque des enregistreurs) montrent (1) qu'une perturbation très étendue et *soudaine* des trois éléments se produisit ce jour-là à $11^h\ 20^m$, c'est-à-dire que les débuts des perturbations solaire et magnétique se produisirent d'une manière rigoureusement synchrone dans les limites d'erreur définies ci-dessus.

2° Young, pendant le maximum d'activité solaire qui suivit celui de 1859, a eu la bonne fortune d'observer spectroscopiquement plusieurs faits analogues. Voici d'ailleurs comme il les rapporte (2) : « Le 3 août 1872, dans le voisinage d'une tache solaire qui apparaissait à ce moment sur le bord du Soleil, la chromosphère présenta à plusieurs reprises de grandes perturbations pendant la matinée. Des jets de matière lumineuse d'un éclat intense s'élançaient du Soleil, et les raies sombres du spectre furent renversées par centaines, pendant plusieurs minutes de suite. Il y eut trois PAROXYSMES particulièrement remarquables à $8^h\ 45^m$, $10^h\ 30^m$ et $11^h\ 50^m$ du matin (temps moyen de Sherman dans les Montagnes Rocheuses où Young faisait ses observations) ». Young ajoute que, précisément pendant qu'il observait, celui de ses collaborateurs qui était chargé des observations magnétiques constata des mouvements extraordinaires de l'aiguille aimantée. D'autre part, Young ayant reçu les courbes magnétiques pour ce jour-là, de deux observatoires anglais, Greenwich et Stonyhurst, remarqua que, sur ces deux courbes, les trois paroxysmes qu'il avait observés aux États-Unis étaient accompagnés de secousses brusques identiques et correspondantes des aimants, qui, « en tenant compte de la différence de longitude, furent simultanées avec les perturbations spectroscopiques observées sur les Montagnes Rocheuses... »

3° Le 5 août 1872, Young observa un phénomène analogue. Et ici la coïncidence a un caractère encore plus net, car le 5 août

(1) *Loc. cit.*, p. 15.
(2) YOUNG, *Le Soleil*, p. 124-126.

tance de ligne est de 250 ohms pour les lignes d'abonnés, et de 1.600 ohms pour les lignes de raccordement.

Chaque poste téléphonique est muni d'un cadran d'appel semblable à ceux qu'on retrouve dans les autres systèmes automatiques. Quand un abonné appelle, sa ligne se branche automatiquement sur une « ligne de départ » reliée à un circuit de raccordement. Pendant la manœuvre du cadran, un « enregistreur » (recorder), faisant partie d'un groupe d'enregistreurs analogues, est connecté à la ligne appelante pour recevoir les impulsions. Quand cette manœuvre est terminée, l'enregistreur est momentanément relié à un « chercheur » (marker) commun à tout le central. Le chercheur identifie la ligne demandée d'après la position de l'enregistreur, et force l'équipement de la ligne et la ligne appelée à trouver une « ligne d'arrivée » reliée au circuit déjà retenu par la ligne appelante. Lorsque la communication est ainsi complètement établie, le « chercheur et « l'enregistreur » reviennent tous deux à la position de repos.

Plusieurs figures montrent le schéma général des connexions des petites installations, ainsi que la manière dont les communications sont établies. L'article contient en outre la description détaillée des meubles renfermant les appareils; il se termine par quelques considérations sur les facilités supplémentaires qu'il faut nécessairement envisager dans le cas d'un central téléphonique public.

Les calculs expérimentaux d'Heaviside (John R. Carson) — La science des communications électriques doit beaucoup à Oliver Heaviside pour sa remarquable théorie de la transmission sur conducteurs et, en particulier, pour avoir insisté sur l'importance de l'inductance. Les méthodes expérimentales auxquelles il a eu recours pour résoudre les équations différentielles (qui sont le fondement de la théorie des circuits électriques), sont généralement moins connues mais n'en sont pas moins importantes. Ces méthodes sont particulièrement avantageuses pour résoudre nombre d'importants problèmes de la transmission électrique.

La méthode de calcul d'Heaviside est, en deux mots, la suivante : les problèmes sont représentés sous forme d'une série d'équations différentielles comprenant le facteur $\frac{d}{dt}$; les équations différentielles

sont ensuite transformées en équations algébriques par la substitution du symbole p au facteur $\frac{d}{dt}$; grâce à cet artifice, on obtient une solution purement symbolique. Cette solution reçoit le nom de « formule opératoire ».

Pour interpréter cette formule purement symbolique, Heaviside procède comme suit : en comparant directement la formule opératoire des problèmes spécifiques à la solution explicite connue, il assigne un sens déterminé au symbole p. Puis, par induction, il obtient des règles spécifiques généralisées qui permettent de trouver la formule opératoire.

Dans son étude, M. Carson, — qui attaque le problème en se plaçant à un point de vue différent — montre que la formule opératoire d'Heaviside est l'équivalent sténographique d'une équation intégrale d'où l'on peut déduire les méthodes et règles de ses calculs expérimentaux.

Rapport entre les revenus et les loyers ; distribution des valeurs locatives, par W. C. Helmle. — Quand on équipe un réseau téléphonique, il est divers organes dont la capacité doit permettre d'écouler non seulement le trafic actuel mais encore celui à prévoir après un certain nombre d'années ; tel est notamment le cas pour les locaux et installations des centraux téléphoniques, pour les conduites souterraines, câbles aériens et souterrains. Pour effectuer économiquement les installations, il est nécessaire de connaître le plus exactement possible l'importance que le service téléphonique aura prise dans 5, 10 et même 20 ans. Ces prévisions sont indispensables en ce qui concerne le choix des installations, leur équipement, la fixation des tarifs etc..., surtout dans les villes à plusieurs centraux téléphoniques. Pour ces villes, les estimations sont faites en tenant compte de ce que sera le marché à l'époque (dans 15 ou 20 ans), ainsi que du développement des téléphones pour des tarifs bien déterminés ; les prévisions portent le nom d' « aperçu commercial » ; elles impliquent une étude des divers facteurs susceptibles d'influer sur le développement industriel et commercial de la ville, ainsi que sur la nature des quartiers (quartiers commerciaux

et bourgeois). On commence par classer les familles suivant leurs moyens pécuniaires et, en même temps, on note le nombre de postes téléphoniques en service dans chaque classe. L'opération se fait dans toutes les grandes villes ; les résultats obtenus, joints à d'autres renseignements, servent de guides aux ingénieurs chargés de préparer les extensions du « Bell Telephone System ».

En général, les revenus d'une famille sont un indice des commodités que cette famille cherche à se procurer ; le service téléphonique fait partie de ces commodités. Le prix des loyers est un autre indice ; l'étude de M. Helmle a précisément pour but de dégager le rapport qui lie revenus et loyers. Ces derniers sont faciles à connaître et à classer ; il n'en est pas de même en ce qui concerne les revenus d'un grand nombre de familles. Mais, s'il est théoriquement facile, en étudiant les valeurs locatives, de comparer les demandes d'abonnement au téléphone ainsi que l'usage plus ou moins fréquent qu'on fait du téléphone dans diverses localités, pratiquement le procédé soulève quelques difficultés ; la raison est la suivante : entre plusieurs villes les loyers payés pour des logements semblables varient beaucoup plus que le prix de la nourriture ou du vêtement. De plus, le prix des loyers varie suivant les quartiers. On a essayé vainement de comparer les distributions des valeurs locatives en se servant des procédés statistiques ordinaires. Toutefois, on a trouvé une méthode de représentation graphique des distributions comparées entre elles, ainsi qu'un index des relèvements du prix des loyers. On a constaté qu'on pouvait tracer des courbes comparatives sur papier logarithmique pour obtenir des lignes droites pour un grand nombre de villes importantes. Bien qu'il n'ait pas été possible d'attribuer une signification spéciale à la valeur particulière de l'index pour une ville quelconque, celui-ci semble rester pratiquement constant quelles que soient les variations du niveau des prix généraux. Dans un appendice, M. Helmle discute les particularités mathématiques de la courbe logarithmique.

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages divers

Le royaume des cieux. Un peu du secret des étoiles, par Charles Nordmann, astronome de l'Observatoire de Paris.

Voici un livre qui dévoile les mystères du ciel et expose les magnifiques et récentes découvertes de l'astronomie sur l'habitabilité de la lune et des planètes, sur les étranges influences magnétiques que le soleil exerce sur nous, sur la structure des étoiles et des nébuleuses, leur évolution et leur température. Les phénomènes électriques singuliers que le soleil produit dans notre haute atmosphère et qui expliquent les grandes portées actuellement obtenues en T.S.F. sont en outre longuement expliqués dans ce volume.

Des études, dont les conclusions surprendront, sont consacrées en outre à cette étrange mystification qui s'appelle « les canaux de Mars », et à la question de savoir si la terre tourne, question qui n'est nullement résolue comme le croit la science classique.

L'auteur n'est pas seulement un astronome éminent qui sait rendre clairs les problèmes scientifiques les plus ardus, c'est aussi un poète qui, dans une langue imagée, fait sentir l'harmonie des choses célestes.

Tous ceux que hantent les énigmes de l'Univers et l'angoisse du problème des destinées feront de ce volume leur livre de chevet. — Un volume petit in-8°, broché : 7 francs (librairie Hachette).

Printing telegraph systems and mechanisms, par M. H.-H. Harrison. Éditeurs : Longmans, Green and C°, London E. C., 4-1 vol. relié de 435 pages, 642 figures. Prix : 21 schellings net.

Ce manuel technique est le deuxième d'une série d'ouvrages relatifs à la télégraphie et à la téléphonie, édités sous la direction de Sir W. Slingo, Ingénieur en chef retraité du Post Office britannique. A la suite des principes élémentaires de la télégraphie et des différents codes, on y trouve la description détaillée et l'explication du mode de fonctionnement des appareils imprimants (Hughes, Baudot, Murray, Creed, Siemens, Multiplex américains, etc...) groupés par catégorie pour que le lecteur puisse se rendre facilement compte des perfectionnements successifs apportés aux divers systèmes.

Dans la préface, M. Harrison rend hommage à l'ingéniosité des inventeurs et en particulier à celle des ingénieurs français Baudot et Picard.

Le Gérant,
Léon EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS.

12e ANNÉE. — No 7. JUILLET 1923. PRIX : 3 fr.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE.
3 RUE THÉNARD. PARIS Ve

Prix de l'Abonnement annuel : France .... 30 francs ; Étranger .... 34 francs.

COMMISSION DES ANNALES

DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une Commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes.*

Cette Commission se réunit à l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VII[e].

Membres de la Commission :

NOTA : La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

SUR LE ROLE DU SOLEIL

DANS LES TRANSMISSIONS RADIOTÉLÉGRAPHIQUES ET LA FORMATION DE LA COUCHE DE HEAVISIDE

Par M. Charles NORDMANN,
Astronome de l'Observatoire de Paris.

Les *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* de janvier 1923 ont publié un très intéressant exposé du professeur J. A. Fleming sur « les Progrès de la Télégraphie sans fil depuis vingt ans » (1).

Une grande partie de ce remarquable mémoire est consacrée à la couche conductrice dont on suppose l'existence dans la haute atmosphère terrestre pour rendre compte des singulières influences aujourd'hui bien constatées que le soleil exerce sur les transmissions radiotélégraphiques, et qui ont notamment pour effet de rendre les portées de la T. S. F. plus grandes en l'absence du rayonnement solaire.

Sans vouloir aujourd'hui entrer dans la discussion des interprétations physiques diverses qui ont été proposées pour rendre compte du mécanisme par lequel agit cette couche atmosphérique conductrice — et dont plusieurs sont inconciliables entre elles — je voudrais brièvement attirer l'attention sur un problème particulièrement important soulevé par le professeur Fleming.

La couche aérienne élevée et conductrice à laquelle on attribue les grandes portées de la T. S. F. et les variations horaires de celles-ci est aujourd'hui communément appelée « couche de Heaviside ». Sa conductibilité, comme celle des gaz en général, provient de ce que ses atomes sont ionisés, et il est admis que cette

---

(1) *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, 12e année, n° 1, p. 1-61.

ionisation est causée par le rayonnement solaire. Mais comment agit ce rayonnement pour ioniser l'atmosphère supérieure ?

Pour répondre à cette question, M. Fleming invoque un phénomène qui a été autrefois suggéré par le professeur Arrhenius comme rendant compte de l'action bien constatée du soleil sur les variations du magnétisme terrestre et de la formation des aurores boréales. Ce phénomène consiste en ceci que les poussières, particules et gouttelettes qui se trouvent dans l'atmosphère du soleil cessent, lorsqu'elles sont suffisamment petites, d'être attirées par la gravité solaire et subissent alors l'action prépondérante de la pression de radiation, de la pression de Maxwell-Bartoli qui tend au contraire à les chasser loin du soleil. Le calcul montre qu'il suffit pour cela que les particules considérées (si on suppose, pour fixer les idées, leur densité égale à 1) aient des diamètres inférieurs à 15 millionnièmes de millimètres.

Ces poussières, d'après l'hypothèse d'Arrhenius, seraient chargées d'électricité négative, et, repoussées jusqu'à la terre par le rayonnement solaire, elle pénétreraient dans notre atmosphère supérieure et s'y déchargeraient en ionisant celle-ci. Le temps mis par ces particules pour franchir la distance qui nous sépare du soleil varierait en général entre 22 heures et 76 heures et ne pourrait dans les circonstances les plus favorables, et selon les calculs d'Arrhenius, jamais être inférieur à 16 heures.

Telle est l'explication fournie par J. A. Fleming, et empruntée par lui à Arrhenius, du mécanisme producteur de la « couche d'Heaviside ».

Or je me propose de montrer, à la lumière de certains faits d'observation sur lesquels l'attention n'a pas été jusqu'ici suffisamment attirée, que cette explication ne résiste pas à l'examen et qu'elle doit être exclue du nombre des hypothèses pouvant expliquer, d'une manière admissible, la formation de la « couche d'Heaviside ».

Nous rappellerons tout d'abord que cette couche atmosphérique ionisée, longtemps avant d'être invoquée pour expliquer les grandes portées radiotélégraphiques, était unanimement considérée par les astrophysiciens comme pouvant seule rendre compte

de l'action du soleil sur les variations et les perturbations magnétiques et sur les aurores boréales. Les théoriciens, unanimes à ce sujet, ne différaient — comme il ne diffèrent encore aujourd'hui — que lorsqu'il s'agissait d'attribuer à tel agent, à tel rayonnement, à telle émission solaire, plutôt qu'à tels autres, l'ionisation des couches élevées de notre atmosphère. C'est ainsi qu'Arrhenius a invoqué à cet effet, selon le mécanisme qui vient d'être exposé, l'action des particules solaires électrisées et repoussées par la pression de Maxwell-Bartoli. C'est ainsi que M. Birkeland et M. Deslandes ont invoqué dans le même dessein l'hypothèse de rayons cathodiques qui seraient émis par le soleil ; c'est ainsi que moi-même (1) j'ai émis l'hypothèse que l'ionisation de notre atmosphère supérieure et les phénomènes connexes seraient causés par des ondes hertziennes qui seraient émises dans les orages formidables de l'atmosphère solaire de même qu'on sait qu'ils sont émis dans les décharges électriques de notre atmosphère. Ce sont ces ondes hertziennes solaires qui, dans cette hypothèse — et conformément à la propriété connue de ces ondes d'ionisation illuminant les gaz raréfiés — rendraient conductrice la couche d'Heaviside et favoriseraient la formation des aurores boréales et des perturbations et variations magnétiques.

Peut-on trouver un critérium expérimental entre les théories en présence ? Il semble que cela soit possible si on arrive à connaître *la vitesse avec laquelle les perturbations du soleil se transmettent au magnétisme terrestre* (et on sait depuis longtemps que les perturbations magnétiques sont intimement liées à celles de l'atmosphère du soleil et de sa surface).

Puisque l'agent solaire, invoqué par Arrhenius, de la conductibilité de notre atmosphère a besoin de plus de seize heures pour franchir la distance soleil-terre ; puisque d'autre part les ondes hertziennes franchissent cette distance en 8 minutes comme la lumière ; puisqu'enfin les rayons cathodiques la parcourent en un temps qui, pour les rayons cathodiques les plus rapides connus (les rayons Bêta de certaines substances radioactives et dont la

(1) *Annales de l'Observatoire*, t. IX.

vitesse n'est inférieure que de moins d'un dixième à celle de la lumière) serait à peine supérieur à 8 minutes; puisque, dis-je, les vitesses de propagation des agents physiques invoqués dans les diverses théories rivales ne sont pas les mêmes, l'étude de cette vitesse est capitale. C'est elle qui pourra nous fournir le critérium cherché capable de départager ces théories.

Il est une autre question, à tous égards *essentielle*, et sur laquelle cependant les astronomes n'ont pas jusqu'ici porté suffisamment leur attention, puisqu'il n'existe aucun travail sur ce sujet; c'est celle de la *vitesse avec laquelle les perturbations du soleil se transmettent au magnétisme terrestre*. L'étude de cette vitesse est certainement capitale; elle paraît de nature à nous renseigner d'une manière précise sur le caractère de ces phénomènes et la nature exacte de l'agent physique par l'intermédiaire duquel nos aiguilles aimantées subissent d'une manière aussi surprenante le contre-coup des éruptions du soleil. Et c'est, enfin, dans cette étude que nous pourrons trouver le critérium certain des diverses théories qui ont été émises pour expliquer ces faits.

Pour toutes ces raisons, nous avons voulu apporter sur ce point une contribution personnelle, si minime fût-elle :

Nous ferons d'abord brièvement quelques remarques indispensables sur les limites des erreurs d'observation que l'on peut rencontrer dans l'étude des coïncidences entre les phénomènes solaires et magnétiques. Les enregistreurs magnétiques en usage dans les divers observatoires sont, soit du type Addie (en Angleterre notamment), soit du type Mascart (en France, etc.). Sur les courbes enregistrées par ces appareils, l'échelle des temps est malheureusement assez petite : dans les courbes de l'appareil Mascart, 1^{mm} d'abscisse correspond à 6 minutes de temps (dans l'appareil Addie l'échelle est légèrement plus grande et 1^{mm} d'abscisse correspond à environ 4 minutes); si l'on se rappelle d'autre part que la largeur du trait imprimé photographiquement n'est guère moindre (quand l'appareil est bien réglé) que $0^{mm},5$; que cette largeur est elle-même très variable, au moment des perturbations, sur une même courbe, et dépend de la rapidité des mouvements des aimants, on comprendra qu'avec

une échelle aussi réduite il est difficile de faire, au delà d'une certaine limite, des mesures parfaitement précises sur ces courbes. De plus, de légères erreurs peuvent résulter : 1° de la descente du châssis (commandé par un mouvement d'horlogerie) et dont la régularité n'est pas parfaite comme le montre l'expérience ; 2° de l'allongement ou du retrait du papier photographique selon son état hygrométrique ; 3° en cas de reproduction, du soin apporté au décalque (et nous n'avons pu étudier directement dans ce travail que les courbes originales de l'Observatoire de Nice ; pour les autres stations nous n'avons eu à notre disposition que des décalques que l'on a bien voulu nous envoyer ou les reproductions lithographiques trouvées dans les publications). Pour toutes ces raisons, nous estimons (d'accord en cela avec M. Moureaux, directeur de l'observatoire du parc Saint-Maur, et M. Ellis, chef du service magnétique à Greenwich) qu'il n'est guère possible de garantir l'heure à moins de $\pm$ 2 minutes sur les courbes que nous avons étudiées.

D'ailleurs cette limite d'erreur est elle-même beaucoup plus faible, comme nous le verrons, que les différences qui nous permettront de faire un choix entre les diverses théories.

Pour faire ce travail nous avons étudié parallèlement les littératures du Soleil et du magnétisme terrestre depuis une vingtaine d'années, et cela le plus complètement possible. Ce n'est que depuis une quinzaine d'années environ que l'on possède en France et dans quelques pays un enregistrement continu des phénomènes magnétiques. Auparavant les observatoires anglais seuls possédaient des enregistreurs, et à Greenwich même, on n'a commencé à publier quelques courbes qu'il y a vingt ans. Quant au Soleil, l'étude continue de sa surface n'est réalisée nulle part ; on ne l'observe d'une manière un peu suivie que dans quelques observatoires d'Europe et d'Amérique, c'est-à-dire que pendant au moins 12 heures par jour nous n'avons aucun renseignement sur ce qui se passe dans le Soleil. Nous n'avons eu depuis 40 ans que deux époques d'activité solaire, vers 1881 et vers 1892, et ce n'est que pour cette dernière que l'on possède autre part qu'en Angleterre l'enregistrement continu des pertur-

bations magnétiques. Pour toutes ces raisons, le champ de notre recherche a été singulièrement limité.

Enfin, et pour éviter toute cause d'erreur, toute équivoque dans l'interprétation des faits (et la nature même de cette recherche nous commandait cette précaution), nous avons volontairement exclu de notre étude tous les phénomènes d'activité solaire (d'ailleurs assez nombreux) dont on n'a pas rigoureusement observé le *début*, tous ceux qui ne se sont pas manifestés d'une manière *brusque* et, pour ainsi dire, instantanée. Des considérations exposées ci-dessus, il résulte que la probabilité pour qu'une manifestation soudaine d'activité, ainsi caractérisée, se produisant sur le Soleil, soit observée sur un point de la Terre, est évidemment très faible. Ainsi Young qui, toute sa vie, observa le Soleil visuellement et spectroscopiquement, d'une manière presque continue, n'a eu l'occasion d'observer que deux ou trois phénomènes de ce genre. Mais si, dans ces conditions, le nombre des phénomènes solaires éruptifs que nous aurons à considérer est forcément limité, les conclusions que nous pourrons tirer de chacun d'entre eux auront d'autant plus d'importance et semblent devoir être d'autant plus nettes.

Rappelons tout d'abord les quelques phénomènes ayant les caractères définis plus haut, qu'on a observés lors des deux maxima d'activité solaire qui ont suivi le milieu du siècle dernier. Ces faits sont restés classiques :

1° L'observation faite par MM. Carrington et Hodgson le 1er septembre 1859 est célèbre : ce jour-là ces deux astronomes, dans deux stations distinctes, virent simultanément un phénomène dont ils ont donné l'un et l'autre la description complète (1), consistant en deux ponts lumineux extrêmement brillants qui se formèrent *brusquement* au bord d'une grande tache et disparurent au bout de 5 minutes, après avoir parcouru environ 58.000^{km}. Les deux observateurs s'accordèrent à dire que le début soudain du phénomène s'était produit entre 11^{h} 18^{m} et

(1) *Monthly Notices of the Roy. Astron. Society*, t. XX (1859), CARRINGTON, p. 13-15, HODGSON, p. 15-16.



$11^h\ 20^m$ (temps moyen de Greenwich). Or, les courbes magnétiques de l'observatoire de Kew (le seul établissement qui, à notre connaissance, possédât à cette époque des enregistreurs) montrent (1) qu'une perturbation très étendue et *soudaine* des trois éléments se produisit ce jour-là à $11^h\ 20^m$, c'est-à-dire que les débuts des perturbations solaire et magnétique se produisirent d'une manière rigoureusement synchrone dans les limites d'erreur définies ci-dessus.

2° Young, pendant le maximum d'activité solaire qui suivit celui de 1859, a eu la bonne fortune d'observer spectroscopiquement plusieurs faits analogues. Voici d'ailleurs comme il les rapporte (2) : « Le 3 août 1872, dans le voisinage d'une tache solaire qui apparaissait à ce moment sur le bord du Soleil, la chromosphère présenta à plusieurs reprises de grandes perturbations pendant la matinée. Des jets de matière lumineuse d'un éclat intense s'élançaient du Soleil, et les raies sombres du spectre furent renversées par centaines, pendant plusieurs minutes de suite. Il y eut trois PAROXYSMES particulièrement remarquables à $8^h\ 45^m$, $10^h\ 30^m$ et $11^h\ 50^m$ du matin (temps moyen de Sherman dans les Montagnes Rocheuses où Young faisait ses observations) ». Young ajoute que, précisément pendant qu'il observait, celui de ses collaborateurs qui était chargé des observations magnétiques constata des mouvements extraordinaires de l'aiguille aimantée. D'autre part, Young ayant reçu les courbes magnétiques pour ce jour-là, de deux observatoires anglais, Greenwich et Stonyhurst, remarqua que, sur ces deux courbes, les trois paroxysmes qu'il avait observés aux États-Unis étaient accompagnés de secousses brusques identiques et correspondantes des aimants, qui, « en tenant compte de la différence de longitude, furent simultanées avec les perturbations spectroscopiques observées sur les Montagnes Rocheuses... »

3° Le 5 août 1872, Young observa un phénomène analogue. Et ici la coïncidence a un caractère encore plus net, car le 5 août

(1) *Loc. cit.*, p. 15.
(2) YOUNG, *Le Soleil*, p. 124-126.

fut, en dehors de la perturbation qui nous occupe, un jour calme au point de vue magnétique, tandis que le 3 août les aimants avaient été plus ou moins agités toute la journée. Donc le 5 août, dans la même tache, Young observa à 6h 40m « un des phénomènes les plus remarquables qu'il ait jamais vus », suivant son expression. « Les raies de l'hydrogène ainsi que beaucoup d'autres furent renversées d'une manière brillante dans le spectre du noyau et la raie C se déplaça vers l'extrémité supérieure du spectre, indiquant un mouvement radial d'environ 120 milles (192 km) par seconde... » Le phénomène dura environ 1 heure. Or, sur les courbes magnétiques reçues de Greenwich et de Stonyhurst, Young observa pareillement que, en tenant compte des longitudes, l'aiguille aimantée qui était calme auparavant eut une secousse brusque à la minute même où l'éruption observée par lui commençait et resta agitée pendant environ 1 heure (comme la tache solaire elle-même) pour reprendre ensuite son allure calme.

Young conclut de ces faits et de celui observé par Carrington et Hodgson qu'il est « extrêmement probable que chaque perturbation importante de la surface solaire se transmet à notre magnétisme terrestre avec la vitesse de la lumière ».

Arrivons maintenant aux exemples que, dans notre étude de la question, nous avons nous-mêmes trouvés de faits analogues, et dont quelques-uns nous paraissent encore plus caractéristiques que ceux rapportés par Young. Nous procéderons par ordre de dates :

4° Le 17 juin 1891, M. Trouvelot (1) était en train d'observer dans la matinée le Soleil dont il avait projeté l'image sur un écran, quand, à 10h 16m (temps moyen de Paris), son attention fut tout à coup attirée par l'apparition d'un « phénomène lumineux extraordinaire, qui ne ressemblait en rien à ce qu'il avait observé jusqu'alors sur le Soleil ». Et il décrit ainsi le phénomène : « Tout contre le bord occidental de l'astre on voyait une tache lumineuse sous-tendant un arc de 3° sur le limbe et qui

(1) *Comptes rendus*, t. CXII, p. 1419-1421.

surpassait bien loin en éclat les facules les plus brillantes que j'ai observées jusqu'ici... Cette lumière avait un aspect tout particulier qui la distinguait à première vue de celles des facules même les plus brillantes... » Après deux ou trois minutes, Trouvelot remplaça l'oculaire par un spectroscope grâce auquel il observa que ce phénomène consistait en « un centre éruptif duquel s'échappaient des espèces de bombes volcaniques, extra-incandescentes, qui s'élevaient dans les hauteurs à 2′ ou 3′ au-dessus de la chromosphère... » Et il ajoute : « Malgré l'éclat éblouissant de cette éruption, il devint évident pour moi que le phénomène lumineux s'était notablement affaibli pendant les quelques minutes employées à ajuster le spectroscope. Voulant m'assurer du fait, je retirai promptement cet instrument et le remplaçai de nouveau par l'oculaire, et je projetai l'image sur l'écran. Là où quelques minutes plus tôt étincelait une si éblouissante lumière, on ne voyait rien d'inusité, pas même la plus faible trace de facule... » Et Trouvelot ajoute en terminant la Note qui décrit cette observation : « ... Dans la littérature solaire, nous ne voyons que les deux observations simultanées, dues à Carrington et Hodgson, faites le 1er septembre 1859, qui semblent avoir quelque rapport avec le phénomène que nous avons observé. »

L'observation de Trouvelot se rapproche en effet sur bien des points de celle de Carrington et Hodgson, et, comme cette dernière, elle est particulièrement précieuse pour l'étude qui nous occupe en ce sens qu'il s'agit d'une perturbation solaire dont le début, nettement observé, s'est produit brusquement avec une intensité extraordinaire et qui a disparu ensuite rapidement. Cette perturbation a-t-elle été accompagnée d'un phénomène magnétique analogue à celui qui fut simultané avec l'éruption observée par Carrington et Hodgson ?

M. Turner, chef du service magnétique à l'observatoire de Greenwich, en examinant les courbes magnétiques enregistrées dans cet établissement le 17 juin 1891, y a trouvé une perturbation faible, quoique très nette, précisément à la minute notée par Trouvelot comme étant celle du début du phénomène observé

par lui. M. Turner s'exprime ainsi à ce sujet (1) : « Ainsi à $10^h\ 7^m$ (ce qui correspond à $10^h\ 16^m$, temps moyen de Paris), dans une très faible limite d'erreur, il s'est produit ***brusquement*** une légère perturbation simultanée des trois aimants (enregistrant la déclinaison, la force horizontale et la force verticale)... Cette perturbation, qui n'a pas une grandeur exceptionnelle, se distingue nettement d'autres qui se sont produites le même jour par sa brusquerie (***abruptness***), qui est clairement visible sur les trois courbes... » La figure 1, qui est un calque aussi exact que

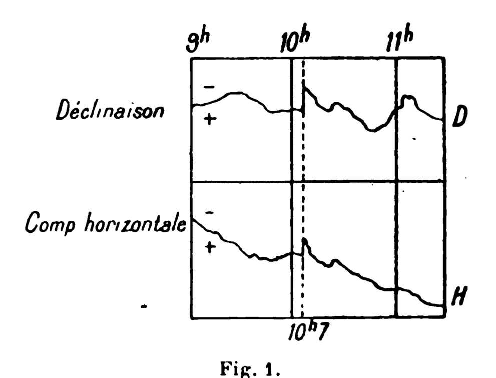


Fig. 1.

Courbes magnétiques de l'Observatoire de Greenwich (enregistreur Addie), du 17 juin 1891 (de 9^h à 11^h 20, temps moyen de Greenwich).

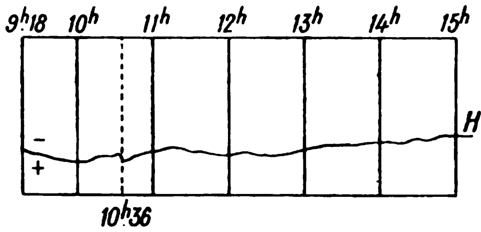
possible des courbes de Greenwich au moment du phénomène, illustre nettement ces caractères.

Nous avons, de notre côté, examiné les courbes magnétiques du 17 juin 1891 de l'observatoire de Nice, que M. Perrotin a bien voulu mettre à notre disposition ; le résultat de cet examen peut se résumer ainsi : à $10^h 36^m$, temps moyen de Nice (ce qui correspond à $10^h 16^m$, temps moyen de Paris), exactement, il s'est produit une déviation légère, mais *extrêmement brusque* et simultanée des aimants ; cette déviation, qui se manifeste par une inflexion subite et à angle aigu des courbes, a donné à celles-ci une direction momentanée presque verticale ; en particulier pour la déclinaison, la déviation a été si rapide que le papier

(1) *Astronomy and Astrophysics*, 1892.

n'est impressionné que d'une manière à peine visible dans cette portion verticale de la courbe.

Ces caractères sont donc les mêmes que ceux qui ont été relevés à la même heure par M. Turner sur les courbes de Greenwich ; ils sont même, en quelque sorte, plus nets encore, en ce sens que le 17 juin 1891 fut à Nice un jour *exceptionnellement* calme au point de vue magnétique, car ce jour-là (comme on le voit par la figure 2) les courbes, en dehors de la perturbation qui nous occupe, eurent toute la journée une allure parfaitement



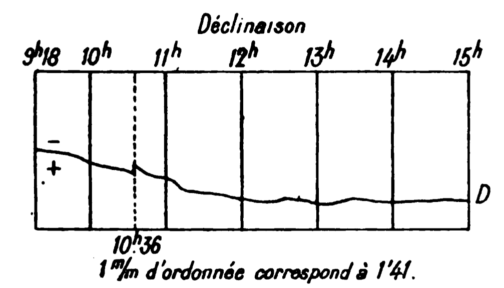


Fig. 2. — *Courbes magnétiques de l'observatoire de Nice (enregistreur Mascart), du 17 juin 1891 (de 9h 18 à 15h, temps moyen de Nice).*
Composante horizontale.
1mm d'ordonnée correspond à 0,00044 H (C.G.S.).
Déclinaison.
1mm d'ordonnée correspond à 1'41.

calme, tandis qu'à Greenwich il se produisit ce jour-là plusieurs agitations des aimants, d'un caractère local d'ailleurs, outre la perturbation caractéristique de 10h 7m (temps moyen de Greenwich).

En résumé, la perturbation solaire instantanée du 17 juin 1891 a été accompagnée d'une perturbation également instantanée des éléments magnétiques comme cela s'était produit lors du phé-

nomène observé par Carrington et Hodgson ; cette perturbation magnétique, à Greenwich comme à Nice, s'est distinguée nettement des perturbations ordinaires de caractère local et d'origine terrestre, par la déviation brusque et simultanée des éléments, donnant aux courbes enregistrées une allure momentanément rectiligne et presque verticale [rappelons que les travaux étendus de Sabine, puis d'Ellis (1) ont établi que les perturbations qui ont ces caractères sont toujours simultanées sur toute la terre et doivent être attribuées à une cause cosmique] ; de plus, le début soudain de la perturbation magnétique s'est produit rigoureusement à la minute où Trouvelot observait le début également brusque de la perturbation solaire. Il s'ensuit que cette dernière (dans les limites des erreurs d'observation dont nous examinerons plus loin la signification) s'est transmise à notre magnétisme terrestre avec la vitesse de la lumière.

Les phénomènes du 17 juin 1891 ont donc été de tous points les mêmes que ceux du 1er septembre 1859. Cependant, au point de vue quantitatif, la perturbation magnétique du 17 juin 1891 a eu une amplitude bien moins grande que celle du 1er septembre 1859, tout en étant de nature identique. Il n'y a rien là qui doive étonner : l'intensité des décharges électriques produites dans les perturbations de la surface solaire doit certainement varier avec une foule de circonstances, et de même et parallèlement la grandeur des effets produits par elles sur nos aiguilles aimantées.

5° Le 11 juillet 1892, M. Townsend était en train d'examiner au spectroscope une tache remarquable qui, trois jours auparavant, avait fait son apparition au bord Est du Soleil, lorsque, à 11h 45m (temps moyen de Greenwich), il s'y montra des signes d'agitation extraordinaire qu'il décrit ainsi : « La raie C se trouvait renversée d'une manière si brillante sur les deux noyaux méridionaux de la tache que je pouvais élargir la fente en lui donnant toute la largeur de ce noyau sans que la raie cesse de de montrer renversée dans toute la surface de ceux-ci, qui avait

(1) *Loc. cit.*

partout une incandescence éblouissante, etc... Or, j'ai eu l'occasion d'observer sur des taches plus de cent cas de renversements de la raie C, et dans aucun cas, pas même lors de la tache de février 1892, la raie C ne m'avait montré des renversements aussi brillants que cette fois... Mais ces renversements de la raie C n'étaient pas seulement confinés aux noyaux de la tache, mais ils étaient même très brillants dans la pénombre... Une foule d'autres raies étaient brillamment renversées. Quant aux raies D et B, elles avaient un éclat bien supérieur à tous ceux que j'avais jamais constatés même dans ces protubérances... »

Et Townsend ajoute : « Ce phénomène était tout à fait semblable à celui que Young observa dans la raie C le 3 août 1872. » (*Voir* ci-dessus, § 2°.)

Or M. Sidgreaves, en examinant les courbes magnétiques de l'observatoire de Stonyhurst, du 11 juillet 1892, constata que précisément ce jour-là, à $11^h\,45^m$ (temps moyen de Greenwich), « une déviation brusque et simultanée des aimants interrompit seule leur course qui, sans cela, était calme. » Et Sidgreaves ajoute cette remarque : « Lors d'une perturbation semblable en tous points observée en août 1872 par le professeur Young, une perturbation dans la courbe calme de l'aiguille aimantée coïncida pareillement avec l'orage solaire... » (*Voir* ci-dessus.)

M. Nash, chef du service magnétique à Greenwich, a bien voulu nous écrire que la même perturbation brusque que celle observée sur les courbes de Stonyhurst est visible sur les courbes magnétiques de Greenwich, précisément à $11^h\,45^m$ (temps moyen de Greenwich) ; en ce qui concerne en particulier la déclinaison, M. Nash nous a écrit : « Une brusque déviation commença à $11^h 45^m$ précises, dont l'amplitude totale atteignit 13′. »

Enfin, les courbes de l'observatoire de Nice montrent des phénomènes identiques (*fig.* 3) : à $12^h\,14^m$, temps moyen de Nice (ce qui, étant donnée la différence des longitudes, correspond exactement à $11^h\,45^m$, temps moyen de Greenwich), les éléments sont brusquement perturbés : la courbe de la composante horizontale, jusque-là absolument calme, subit une inflexion soudaine, quoique légère, se manifestant par un angle vif ; quant à

la déclinaison, elle subit une brusque déviation, dont l'amplitude totale finit par atteindre 16′, c'est-à-dire presque la même valeur que la déviation produite en même temps à Greenwich.

Ici encore, le début net de la perturbation magnétique, simultané pour tous les éléments en des stations éloignées, s'est produit à la minute même où l'on observait le début soudain de la perturbation solaire.

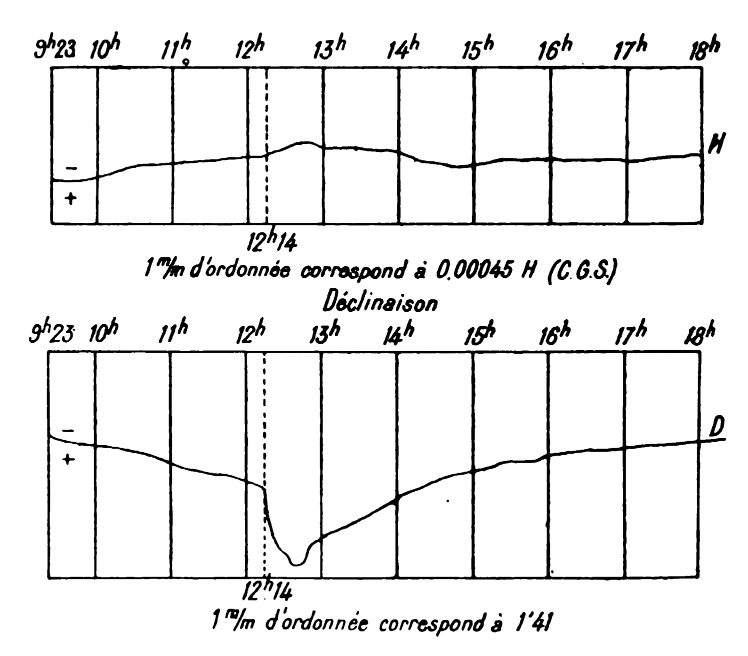


Fig. 3. — *Courbes magnétiques de l'Observatoire de Nice* (*enregistreur Mascart*) *du* 11 *juillet* 1892 (*entre* 9 h 23 *et* 18 h, *temps moyen de Nice*).
Composante horizontale.
1mm d'ordonnée correspond à 0,00045 H (C.G.S.).
Déclinaison.
1mm d'ordonnée correspond à 1′41.

Ainsi les cinq exemples caractéristiques que nous venons d'examiner de perturbations solaires soudaines et dont le début a été nettement enregistré, ont été accompagnés chaque fois de perturbations magnétiques également brusques, et dont le début a nettement coïncidé avec la minute où l'on a observé le début de la perturbation solaire. Chaque fois, les perturbations magnétiques observées dans diverses stations éloignées, au même ins-

tant physique, ont été caractérisées par la simultanéité de la déviation pour tous les éléments et par l'inflexion subite donnée aux courbes (caractères qui, comme l'ont montré Sabine et Ellis, sont toujours ceux des perturbations se produisant simultanément, sur toute la Terre et d'origine cosmique, tandis que les perturbations d'origine locale ne donnent jamais aux courbes que des inflexions progressives qui n'affectent pas en même temps les trois éléments).

Il s'ensuit donc nettement que les perturbations solaires se transmettent à notre magnétisme avec la VITESSE DE LA LUMIÈRE. Si même on admet que, dans chacun des cas que nous avons examinés, l'erreur *maximum* ait été faite dans le relevé des courbes (et nous avons vu que cette erreur possible est de 2^m) et que chaque fois cette erreur ait eu le même signe, favorable à une vitesse moins grande de l'agent solaire qui nous transmet ces perturbations (et il est en réalité bien improbable que les erreurs aient eu chaque fois le même sens), on trouve comme *limite inférieure* de la valeur de cette vitesse V, en désignant par v la vitesse de la lumière

$$V = v \times \frac{8}{8+2} = \frac{v \times 4}{5}.$$

Or postérieurement à la publication des observations précédentes (*Annales de l'Observatoire de Nice*, loc. cit.) un important travail de recherches sur la même question a été fait par M. Tringali, astronome à l'observatoire du Collège Romain. Les résultats obtenus par M. Tringali au moyen d'observations nouvelles et indépendantes des précédentes ont été exposés dans un important mémoire (*Memorie del R. Osservatorio Astronomico al Collegio Romano*, série III, vol. VI, Parte I). Ils confirment entièrement le résultat précédent à savoir que : dans les limites de la précision des observations *les perturbations du soleil qui agissent sur nos aimants, c'est-à-dire sur la conductibilité de notre atmosphère, se transmettent à celle-ci avec la vitesse de la lumière.*

Ce fait important sur lequel je me suis permis d'attirer ici l'attention exclut complètement l'hypothèse émise par M. Arrhe-

nius et adoptée par le professeur Fleming pour expliquer la couche Heaviside. Par contre il ne permet pas de faire un choix entre les deux théories subsistantes, la théorie cathodique et la théorie hertzienne. Seules d'autres considérations sur lesquelles ce n'est pas le lieu d'insister aujourd'hui peuvent permettre de faire un choix raisonné entre ces dernières théories.

Ce que j'ai voulu uniquement établir aujourd'hui c'est que la théorie invoquée par M. Fleming pour rendre compte de la formation, sous l'influence du soleil, de la « couche de Heaviside » est inconciliable avec les faits d'observation, ou du moins ne peut pas les expliquer.

LA FÊTE DE LA T. S. F. FRANÇAISE.

L'Académie des Sciences décerne chaque année un certain nombre de prix à des savants dont l'activité s'exerce dans les nombreuses branches de la physique. Mais aucune de ces sommes n'est explicitement destinée à ceux qui, après avoir été les meilleurs artisans de la T. S. F., lui font accomplir chaque jour de nouveaux progrès.

C'est cette lacune que la grande revue *Je Sais Tout*, dont on connaît la bienfaisante activité, a voulu combler. Un comité de patronage composé des plus grands savants et techniciens français fut réuni sous le haut patronage de M. Léon Bérard, ministre de l'Instruction Publique et des Beaux-Arts, de M. Paul Laffont, sous-secrétaire d'État aux Postes et Télégraphes et de M. Émile Picard, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences. A son appel, le 7 juin dernier, Paris vint remplir l'immense amphithéâtre du Trocadéro. Après M. Paul Laffont, M. Daniel Berthelot, membre de l'Institut, glorifia en un admirable discours, tous ceux qui, de près ou de loin, ont participé à l'essor de la *Science des Ondes*. M. Léon Bérard, au nom du gouvernement, prit la parole pour remercier tous les chercheurs français et en particulier M. Édouard Branly qui, très ému, d'une modeste loge, reçut l'hommage enthousiaste des Parisiens.

Grâce à un microphone installé près des orateurs, le poste de l'École Supérieure des P.T.T. put transmettre ces discours radiotéléphoniquement. Des haut-parleurs installés place du Trocadéro, à la Revue *Je Sais Tout*, aux Champs-Élysées et boulevard Poissonnière, permirent aux milliers de Parisiens, qui n'avaient pu prendre place au Trocadéro, de suivre phase par phase la manifestation qui s'y déroulait.

Après les allocutions, de très belles expériences de télégra-



M. Daniel Berthelot, membre de l'Institut,
prononçant son discours devant les 4.000 auditeurs du Trocadéro
et le microphone de l'Ecole Supérieure des P.T.T.

(Croquis de Dutriac, pris au cours de la manifestation du Trocadéro.)

phie et de téléphonie sans fil, de télémécanique et de télévision furent réalisées par M. le C[t] MESNY, M. BELIN et les ingénieurs de la Société française radioélectrique. On entendit ensuite des radio-concerts émis par les postes de la tour Eiffel, de Radiola et de l'École Supérieure des P.T.T. L'audition si pure de cette dernière fut particulièrement applaudie.

Cette manifestation parisienne aura un prolongement dans toute la France.

Dans les premiers jours de juillet, deux voitures automobiles quitteront Paris et parcoureront toutes les régions françaises. L'une sera équipée en poste émetteur, l'autre en poste récepteur. Dans chaque ville (36 françaises et Bruxelles, Genève, Saint-Sébastien et Barcelone), un gala sera organisé qui sera en moins grand la répétition de la fête du Trocadéro.

Cette campagne de propagande en faveur de la T.S.F. ne peut obtenir qu'un très grand succès et permettra d'ajouter aux fonds déjà recueillis à Paris toutes les sommes provenant des 40 galas.

Ceux qui s'intéressent à la T.S.F. seront reconnaissants à *Je Sais Tout* d'avoir pris l'initiative de cette véritable mission scientifique.

PROCÉDÉS DE RÉCEPTION

SUR PETITE LONGUEUR D'ONDE (1)

Cet article expose les difficultés spéciales qu'on rencontre dans la réception des signaux radiotélégraphiques émis sur ondes de petite longueur. Il décrit dans leur principe, les méthodes spéciales qui peuvent être employées ; antennes particulières ; amplificateurs à transformateurs pour petite longueur d'onde ; montages à une lampe à réaction ; super-réaction ; super-hétérodyne ; procédés par modulation.

Les derniers essais transatlantiques d'amateurs ont vu les Américains et les Français rivaliser d'ingéniosité dans la construction de leurs appareils. Certains postes émetteurs américains dont la puissance-antenne n'excédait pas un kilowatt, ont été entendus en France par des systèmes récepteurs qui quelquefois étaient tellement simples qu'ils ne comportaient qu'une lampe à trois électrodes. Il est vrai de dire que ces essais se sont faits dans des conditions particulièrement favorables à la propagation des ondes, durant les heures de nuit et avec un long trajet sur mer.

Il n'en est pas moins vrai que ces ondes de petite longueur paraissent avoir du fait de leur très haute fréquence une facilité de propagation intrinsèque. Elles ont malheureusement contre elles de nombreux défauts, dont un des principaux est la facilité d'être absorbées ou affaiblies par les trajets sur terre, par les obstacles des montagnes, les bois et aussi par l'atmosphère.

L'étude de la propagation est une question difficile, parce qu'elle met en jeu des phénomènes difficilement renouvelables.

---

(1) Conférence par M. Clavier de l'Établissement central radiotélégraphique militaire, transmise par la Station T.S.F. des Postes et des Télégraphes.



Mais ce n'est pas là l'objet de cet article qui vise l'étude des procédés qui ont été employés pour la réception de ces ondes, en signale quelques difficultés particulières, et indique comment on est arrivé à les surmonter.

Quand on veut recevoir des signaux radiotélégraphiques, il faut avoir un système d'antenne ou de cadre qui permette de capter une partie suffisante de l'énergie transmise, partie qui reste d'ailleurs toujours extrêmement faible, d'autant plus que jusqu'ici les postes émetteurs sur petites longueurs d'ondes ont été de faible puissance.

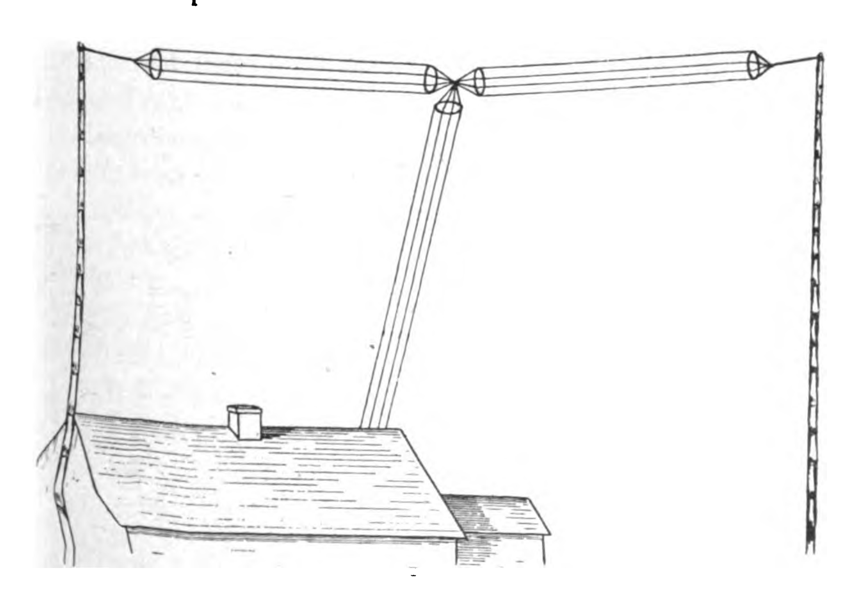


Fig. 1. — Antenne d'amateur du type prismatique.

Les antennes employées actuellement sont de deux types assez nettement différents : on a d'abord employé une antenne de forme usuelle, soit en nappe, soit en V, soit mieux en prisme, comme celle qui est représentée (fig. 1), qui est composée d'un certain nombre de fils parallèles, soutenus aux deux extrémités par des cerceaux. Cette antenne en prisme est plus avantageuse lorsqu'on l'évase vers l'extrémité qui est loin du poste récepteur. Ce type d'antenne est accordé sur la longueur d'ondes à recevoir, c'est-à-dire qu'on intercale dans cette antenne une « self » et une

« capacité » en série qui font osciller l'antenne sur la longueur d'onde même que l'on veut recevoir. Cette antenne a l'avantage de servir facilement à la fois pour la réception et l'émission.

Pour s'assurer une bonne réception, il faut prendre les précautions usuelles en matière d'antennes, qui sont principalement : *le bon isolement* et la *bonne prise de terre*. Il y a très souvent avantage à remplacer la prise de terre par le contre-poids, ou à adjoindre à la prise de terre un contre-poids.

Le deuxième type d'antenne qui est souvent utilisé est l'antenne horizontale basse de très grande longueur. Cette antenne a un type maintenant bien connu, qui s'appelle l'antenne Beverage du nom de son inventeur. C'est un simple fil tendu horizontalement à une distance de quatre ou cinq mètres du sol. A l'un des bouts, ce fil est relié à la terre à travers une résistance réglable ; à l'autre bout, ce fil est aussi relié à la terre à travers une faible self, qui sert à actionner le poste récepteur (fig. 2).

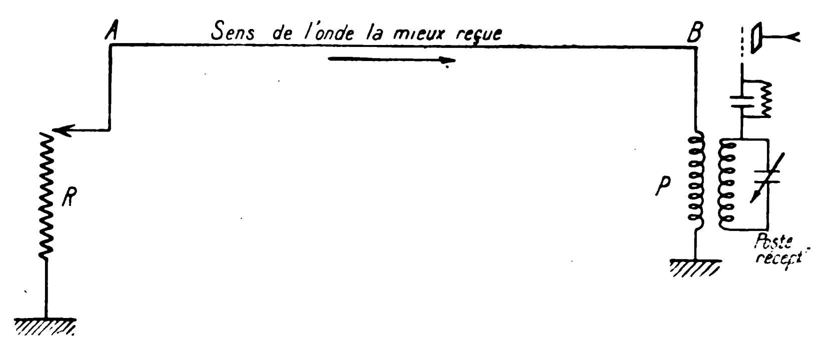


Fig. 2.

Le fonctionnement d'une telle antenne prête à une théorie assez complexe que je n'aborderai pas, et je me bornerai à en expliquer le fonctionnement d'une manière physique, telle d'ailleurs que l'expose son auteur.

En chaque point B d'une telle antenne, l'onde incidente provoque des courants induits dans le fil récepteur. Ces courants se propagent dans les deux sens. On peut dire qu'il y a un courant qui va de A vers B et un courant qui va de B vers A. Celui qui se propage en sens inverse de l'onde n'a pas d'action utile,

parce que les vitesses de propagation étant en sens contraire, le courant le long de la ligne prend rapidement un décalage important par rapport à l'onde incidente. Mais le courant qui se propage dans le même sens que l'onde incidente, c'est-à-dire de A vers B, peut rester assez longtemps presque en phase avec l'onde incidente, pourvu que la vitesse de propagation du signal le long de la ligne soit peu différente de la vitesse de propagation de l'onde.

C'est ce qui se passe pour les ondes de petite longueur. La vitesse de propagation de l'onde est celle de la vitesse de propagation de la lumière. La vitesse de propagation du signal le long du fil est légèrement inférieure. Tant que la différence de phase entre l'onde incidente et le courant induit dans ce sens ne dépasse pas 1/4 de période, les courants induits s'ajoutent et le signal croît d'intensité dans le sens A vers B. Il faut s'arrêter soigneusement au point où l'onde incidente provoquerait un courant qui, au lieu de s'ajouter au courant précédent, tendrait à s'en retrancher. Ceci limite la longueur totale du fil d'antenne qu'on peut employer.

Il faut donc, pour bien comprendre le fonctionnement d'une pareille antenne, se rendre compte de la vitesse de propagation du courant le long du fil. Voici comment on peut y arriver expérimentalement : Si le courant se propageait le long du fil avec une vitesse égale à celle de l'onde incidente, l'antenne résonnerait sur une longueur d'onde qui serait égale à *quatre fois sa longueur géométrique*. Si expérimentalement, on excite l'antenne par un petit émetteur local dont la fréquence est variable, on constate que la première longueur d'onde sur laquelle résonne l'antenne, n'est pas égale à quatre fois la longueur géométrique, mais plus longue. Donc l'antenne réelle se comporte évidemment comme ayant une longueur électrique plus grande que sa longueur géométrique. Le rapport des fréquences qui font résonner l'antenne est égale au rapport des vitesses de propagation dont l'une est la vitesse de propagation de la lumière, à laquelle correspond la longueur d'onde théorique valant 4 fois la longueur géométrique de l'antenne et dont l'autre est la vitesse le long du fil d'antenne.

L'antenne Beverage jouit de propriétés directives fort accusées, et ce sont les signaux qui arrivent dans la direction A-B qui sont le plus fortement reçus. Mais les signaux arrivant dans la direction contraire de B vers A seraient aussi fort bien reçus si l'antenne restait ouverte en A car ils seraient infléchis en A et renvoyés vers le récepteur. Il faut les éliminer, et c'est à cela que sert la résistance intercalée entre l'extrémité A et la terre. Le rôle de cette résistance est de ne pas provoquer, au point A, la réflexion du courant induit par ces nouvelles ondes et à les faire écouler vers la terre, en les amortissant par leur passage à travers la résistance R.

On peut régler expérimentalement cette résistance. Pour cela on se sert d'un petit émetteur local à fréquence variable, dont je parlais tout à l'heure, et qui sert si fréquemment dans les mesures en haute fréquence.

Si on laisse l'extrémité A isolée dans l'air, et qu'on fasse varier la fréquence, on fait résonner l'antenne successivement sur des longueurs d'onde qui sont des sous-multiples impairs de la longueur d'onde fondamentale.

Si on rattache l'extrémité A à la terre directement, sans passer par une résistance, l'antenne résonne sur des longueurs d'onde qui sont des sous-multiples pairs de la longueur d'onde fondamentale.

Si maintenant, on fait varier la résistance R entre l'extrémité A et la terre, on peut obtenir par un ajustement soigneux une courbe qui ne présente plus de résonance. C'est alors que la résistance R est accordée.

L'antenne ainsi construite présente de gros avantages, elle élimine facilement les brouillages et les parasites, mais elle a le désavantage d'être encombrante et aussi de nécessiter un réglage de la résistance R qui est très éloignée du poste récepteur. Cette antenne peut atteindre, pour recevoir des ondes de 200 mètres une longueur de l'ordre de 350 mètres, et il est délicat d'aller régler une résistance qui se trouve à 350 mètres de l'endroit où l'on reçoit. Aussi peut-on faire des systèmes qui ramènent le réglage de la résistance R au poste récepteur même. Les ondes

les mieux reçues sont alors dans le sens B-A, elles se réfléchissent en A et reviennent vers le poste récepteur en donnant le signal maximum qu'elles peuvent donner en tenant compte de la déperdition produite par leur propagation le long des lignes (fig. 3).

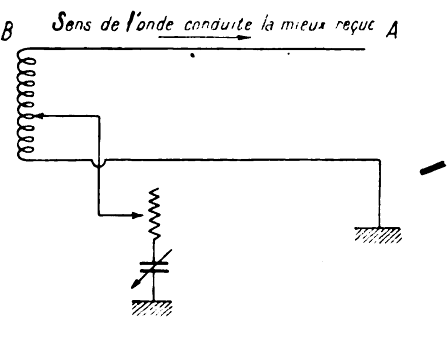


Fig. 3.

On peut aussi, pour recevoir les ondes de petite longueur, employer des cadres. Il suffit de les construire avec *beaucoup de soin* et en particulier avec des spires non jointives et bien isolées. Mais la meilleure façon de monter le cadre paraît être de brancher le cadre à la fois sur la capacité d'accord et sur une self en parallèle. Ce montage peut assurer une réception meilleure, surtout si la self branchée en parallèle avec le cadre présente une faible résistance en haute fréquence.

L'ensemble de ce système oscille sur une longueur d'onde inférieure à celle sur laquelle oscillerait le système constitué uniquement par le cadre et le condensateur d'accord. On a donc l'avantage de pouvoir garder au cadre un certain nombre de spires. De plus cette self en parallèle est souvent très utile pour coupler le récepteur (montage super Armstrong, etc.).

Quel que soit le système d'antenne ou de cadre que l'on emploie pour capter à la réception les ondes incidentes, on dis-dispose par ce moyen aux bornes d'une self d'une certaine force électro-motrice de haute fréquence qui est capable d'induire des courants dans d'autres circuits. C'est cette énergie disponible qu'il convient d'utiliser au mieux pour permettre la réception.

Cet article se limite, dans ce qui suit, aux procédés de réception qui cherchent à entendre des signaux de *téléphonie sans fil*, afin de ne pas embrouiller la question par des cas différents. Les signaux qui arrivent sont alors constitués par des oscillations de haute fréquence dont l'amplitude est modulée en rapport avec l'inflexion de la voix humaine ou de la musique. Pour arriver à entendre ces signaux, il faut détecter. Quand les signaux arrivent avec une énergie incidente suffisante, le détecteur suffit pour une bonne audition. On peut alors employer simplement la

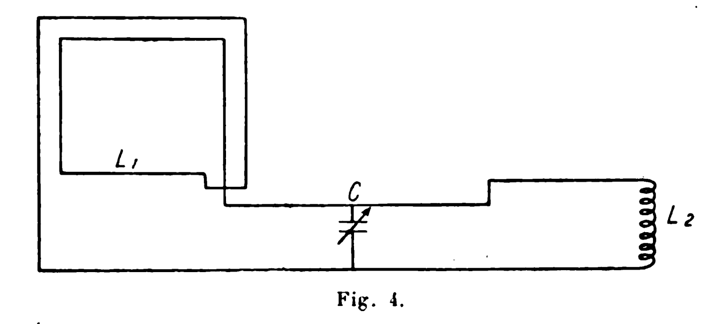


Fig. 4.

galène, mais en général l'énergie incidente, qui est d'ailleurs considérablement diminuée par l'opération de la détection, ne permet pas de cette façon, une audition suffisante. Il faut alors que les signaux qui arrivent soient suffisamment amplifiés. Il faut aussi d'autre part que les signaux reçus par l'antenne ou le cadre soient suffisamment plus intenses que les signaux parasites ou que les brouillages que l'on entend en même temps, pour que l'audition soit intelligible.

C'est dans cette amplification à l'arrivée que l'on éprouve le plus de difficultés, quand on veut recevoir des ondes de petite longueur. Deux sortes d'amplifications sont à la vérité possibles : l'amplification à *haute fréquence* qui a lieu *avant* la détection et l'amplification à *basse fréquence* qui a lieu *après* la détection.

L'amplification à basse fréquence présente évidemment des moyens communs pour toute la gamme de longueurs d'onde. Elle a pour but de renforcer l'intensité des signaux qui ont passé à travers le détecteur, elle renforce en somme le *volume du*

son. Mais la lampe employée en détectrice fonctionne, suivant une loi telle que le courant après détection est très approximativement proportionnel au carré de la force électro-motrice qui l'attaque. Il s'ensuit que si l'on n'amplifie pas avant l'entrée du détecteur, beaucoup de signaux ne seront pas perçus, parce qu'ils seront trop faibles.

L'amplificateur à haute fréquence est donc nécessaire dès qu'on veut écouter des signaux faibles ou des signaux très lointains. C'est alors que surgissent les difficultés spéciales d'amplification à haute fréquence des ondes courtes. Ces difficultés sont dues à ce que les différents éléments d'une lampe à trois électrodes, filament, plaque et grille, présentent entre eux des capacités parasites dont l'action est d'autant plus nuisible que la fréquence que l'on reçoit est plus grande, c'est-à-dire la longueur d'onde plus petite. Cette action nuisible gêne le bon fonctionnement de la lampe en détecteur. Pour se rendre compte de quelle manière l'action de ces capacités parasites est particulièrement nuisible, il est commode de schématiser la lampe en la représentant par trois points qui sont la plaque, la grille et le filament, et en représentant schématiquement les capacités qui existent entre ces éléments (fig. 5). Les capacités qui se trouvent entre

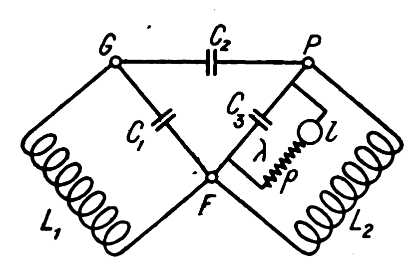


Fig. 5.

les éléments intérieurs des lampes ne sont d'ailleurs pas les seules qui soient nuisibles, celles qui se produisent entre connexions sont souvent du même ordre de grandeur, et dans les selfs d'autre part les capacités réparties entre enroulements deviennent rapidement défavorables.

Cherchons donc l'influence de ces capacités parasites dans le

fonctionnement de la lampe en relais amplificateur. La lampe fonctionne ainsi quand on lui fournit dans un circuit d'entrée une certaine énergie venue de l'onde incidente et quand elle redonne, dans un circuit d'utilisation, une énergie supérieure, l'accroissement d'énergie étant dû au fait que l'on a dépensé dans la lampe une énergie locale. Tous les systèmes récepteurs actuels tendent à employer et à permettre l'emploi d'une énergie locale de plus en plus grande, permettant par suite une amplification de plus en plus élevée.

On peut augmenter l'amplification en faisant repasser une partie de l'énergie amplifiée, venue du circuit d'utilisation dans le circuit d'entrée, et cette énergie, à nouveau amplifiée par la lampe, permet avec un nombre moindre de lampes de retrouver la même amplification.

Considérons d'abord le circuit d'utilisation d'une lampe. Ce circuit est figuré (fig. 6) entre les points P plaque et F filament. Il se compose d'un certain circuit d'utilisation qui, d'une façon générale, comprend self et capacité et dénommé Z_1. Quand on agit sur la lampe, dans le circuit d'entrée, avec une certaine

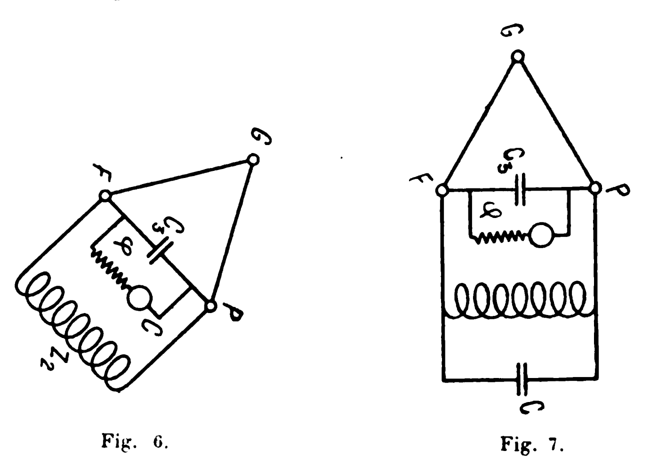


Fig. 6. Fig. 7.

force électro-motrice incidente, il en résulte dans le circuit-plaque une force électro-motrice qui est amplifiée dans un certain rapport qu'on appelle le *coefficient d'amplification de la lampe*, lequel est déterminé par la constitution géométrique des

éléments de la lampe, et par les conditions de fonctionnement. Cette force électro-motrice disponible dans le circuit d'utilisation provoque dans l'impédance d'utilisation Z_2 un certain courant qui représente l'énergie utile, mais ce courant est ici considérablement diminué, du fait que l'impédance d'utilisation est, en somme, en parallèle avec la capacité qui existe entre la plaque et le filament. Ce shunt devient d'autant plus nuisible que la fréquence de l'oscillation est plus grande *parce qu'un condensateur se laisse d'autant plus facilement traverser par un courant que la fréquence de ce dernier est plus haute.*

Il faut donc parer à cet inconvénient qui peut être très grave. Pour cela, on est amené à provoquer un phénomène spécial dans le circuit d'utilisation, qui est la *résonance*. On ajuste alors, par une capacité supplémentaire, l'impédance Z_2, de façon à former un circuit que l'on voit figure 7 et qui résonne sur la fréquence même que l'on reçoit, ce phénomène de résonance permet de regagner une partie de l'énergie qu'on avait perdue tout à l'heure, du fait de la dérivation créée par la capacité de la lampe existant entre la plaque et le filament.

La capacité qui se trouve entre la grille et le filament est aussi nuisible pour une raison tout à fait analogue et on est amené aussi à faire résonner le circuit d'entrée sur la longueur d'onde que l'on reçoit. Ceci se trouve d'ailleurs réalisé dans la presque totalité des montages des récepteurs actuels.

Quant à la capacité entre plaque et grille, elle produit un phénomène différent : Elle forme couplage entre le circuit d'entrée et le circuit d'utilisation. Ce couplage provoque un retour d'une partie d'énergie qui a déjà été amplifiée au circuit d'entrée. Ce retour permet un surcroît d'amplification qui peut aller jusqu'à faire entrer la lampe en oscillation.

Ce couplage qui est produit entre la lampe et le filament par la capacité interne, a une valeur qui dépend de la nature du circuit d'utilisation et devient particulièrement considérable lorsque ce circuit d'utilisation est constitué uniquement par une self. C'est pourquoi on a réalisé des systèmes permettant l'amplification par réaction, et l'auto-amorçage de la lampe avec un

schéma de montage dit « à trois circuits » qui est couramment employé en Amérique (fig. 8).

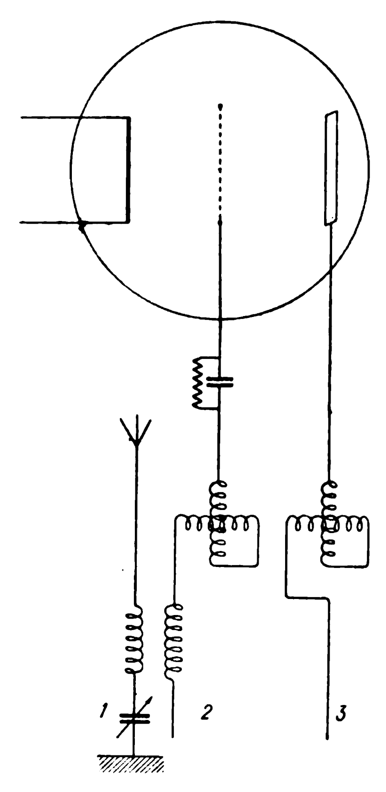


Fig. 8. — Montage à 3 circuits.
(Les batteries d'alimentation ne sont pas figurées).

Le premier circuit est l'antenne que l'on accorde sur les ondes incidentes, les deux autres circuits sont les circuits de la grille et de la plaque que l'on accorde par variations de self. Lorsqu'on arrive près de l'accord, on a une amplification par réaction considérable et on peut arriver jusqu'à l'amorçage des oscillations.

On voit que pour faire fonctionner la lampe en relais amplificateur sur de très hautes fréquences, il faut provoquer des résonances, en particulier dans le circuit d'utilisation. Ces résonances ne peuvent pas s'obtenir si le circuit d'oscillation ne com-

porte ni self ni capacité. Il s'ensuit que l'amplificateur à résistances qui est si commode sur les autres longueurs d'onde,

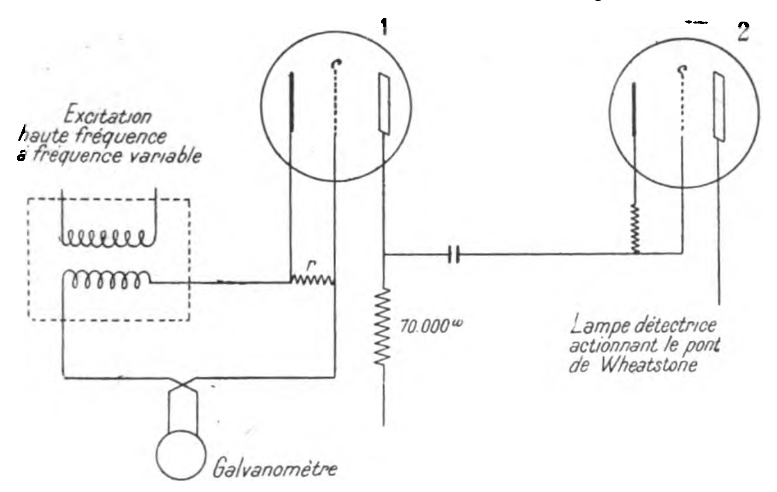


Fig. 9. — Détermination des amplificateurs haute fréquence.

devient alors particulièrement défavorisé. On peut facilement se rendre compte par des mesures, que l'amplification à résistances baisse la valeur. La meilleure façon consiste à imposer à l'entrée d'une lampe montée en amplificatrice à résistances une certaine force électromotrice de grandeur connue et de faire agir la force

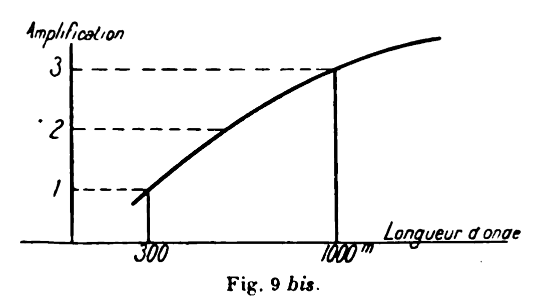


Fig. 9 *bis*.

électromotrice obtenue sur la plaque par un système de résistance et de capacité sur une seconde lampe qui est une détectrice. Cette détectrice a son circuit de plaque branché dans un pont de Wheatstone et sitôt qu'il y a une force électro-motrice appliquée à ce détecteur, le pont est déréglé. On peut ainsi faire

des mesures avec beaucoup de précision ; on constate alors qu'on obtient des courbes qui ont l'allure suivante (fig. 9 *bis*) ; en faisant baisser la longueur d'onde, l'amplification obtenue par le système devient rapidement presque égale à 1 et moindre que 1, c'est-à-dire qu'on peut perdre de l'énergie en route. On ne peut employer la lampe de façon utile avec une liaison résistance capacité ; pour les très hautes fréquences on est donc obligé de faire appel à des systèmes qui peuvent provoquer la résonance (1).

On a beaucoup travaillé ces temps-ci, surtout dans les pays étrangers, pour trouver des systèmes qui permettent pratiquement l'emploi de la lampe en relais amplificateur à plusieurs étages : la question est assez délicate, parce que le système entier a une tendance fâcheuse à entrer en oscillations propres, et le tout hurle souvent d'une façon désagréable, ce qui en prohibe l'emploi. En particulier dans le montage des lampes en amplificateurs de haute fréquence pour petite longueur d'onde, il est à peu près indispensable de se priver de tout effet de réaction. Mais pour regagner ce gain d'amplification, qu'on trouverait avec une seule lampe, en faisant de la réaction, il faut déjà employer plusieurs lampes haute fréquence, deux environ, et il s'ensuit que les amplificateurs haute fréquence ne deviennent avantageux que si on peut en mettre bout à bout un certain nombre.

Pour lier une lampe à l'autre, on a employé un certain nombre de systèmes qui reposent tous sur la nécessité *d'accorder le circuit-plaque en résonance* sur la longueur d'onde que l'on veut amplifier. Le premier de ces systèmes est la *liaison à résonance :* (fig. 10) il consiste à brancher sur la plaque d'une lampe un circuit qui résonne sur la longueur d'onde et qui actionne un circuit également résonant branché sur la grille de la seconde. Ce système à résonance fonctionne très bien pour

(1) En soignant particulièrement les conditions de montage, MM. Beauvais et Bullours ont obtenu toutefois de bons résultats pour des longueurs d'ondes assez basses. (Voir Onde Électrique n° 17.)



une et même deux lampes, mais il est d'un réglage compliqué parce que tout changement de longueur d'onde nécessite l'accord de beaucoup de circuits et parce qu'il présente une fâcheuse tendance à entrer en oscillations. On préfère généralement s'en tenir aux systèmes *par transformateurs haute fréquence* qui est figuré plus bas, et ce système est assez analogue au premier, parce que les selfs employées ont une capacité propre et résonnent sur une certaine fréquence. Dans le cas présenté, ce transformateur est à noyau d'air, mais il est avantageux de le

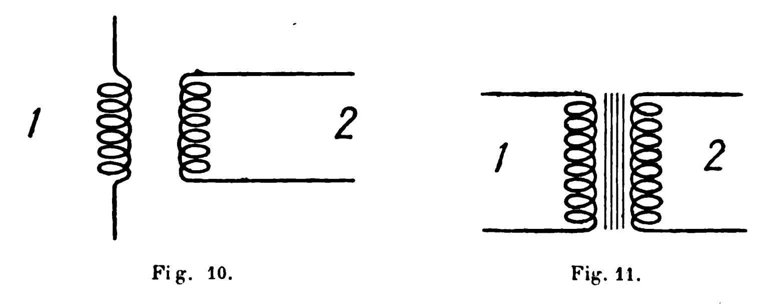


Fig. 10.

Fig. 11.

faire à noyau de fer, parce que le premier système fonctionne sur une bande de fréquence qui risquerait d'être trop étroite. C'est en effet là la pierre d'achoppement, car il est difficile de trouver des transformateurs haute fréquence qui ont une bande de fréquences assez large où l'amplification reste bonne. Le noyau de fer a un effet intéressant à cet égard par l'amortissement et la variation de perméabilité et il rend la courbe de résonance du primaire de transformateur beaucoup moins aiguë (fig. 11).

Il n'en est pas moins vrai que ces systèmes fonctionnent particulièrement sur la longueur d'onde sur laquelle ils résonnent et qu'ils fonctionnent moins bien de part et d'autre. On arrive ainsi maintenant à faire couramment des transformateurs haute fréquence qui ont une amplification privilégiée sur une certaine longueur d'onde. Cette longueur d'onde peut devenir assez basse et le fait qu'on n'a pas encore vu d'amplificateurs à haute fréquence sur 200 mètres, marchant très bien, provient de ce que jusqu'ici le problème de l'amplification sur 200 mètres ne s'était pas posé très activement.

On peut aussi faire appel à une liaison réactance-capacité comme celle qui est indiquée figure 12. La self qui remplace la résistance des amplificateurs à résistance a la propriété de pou-

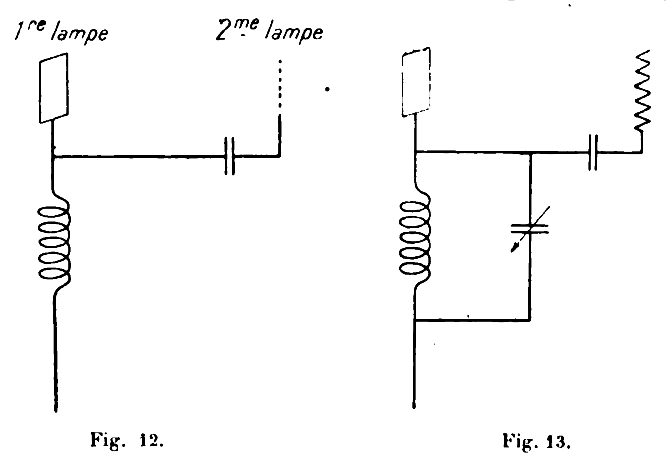


Fig. 12. Fig. 13.

voir résonner sur une longueur d'onde et de transmettre ainsi à la lampe suivante une force électro-motrice appropriée.

On peut enfin remplacer cette self par un circuit oscillant accordé sur la longueur d'onde (fig. 13).

Les types de transformateurs d'amplificateurs employés actuellement diffèrent par des détails de montage, mais ils rappellent tous l'allure de la figure 14. C'est un noyau de fer feuilleté très mince, entouré d'une bande oscillante. Il y a deux circuits enroulés : un primaire, un secondaire, divisé en plusieurs sections qu'on peut généralement prendre séparément pour accorder sur des longueurs d'onde différentes.

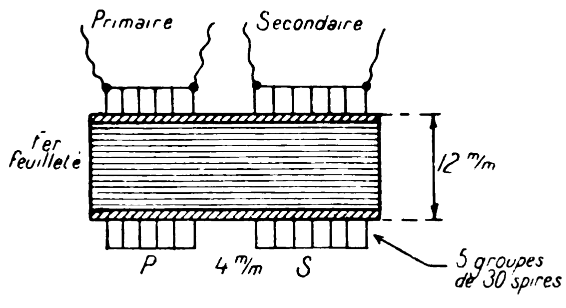


Fig. 14.

On cherche souvent à obtenir un réglage particulier pour la longueur d'onde employée et on a imaginé toutes sortes de systèmes. On peut faire rapprocher ou éloigner les enroulements, ce qui modifie la capacité qui se trouve entre eux. On peut enfoncer ou dégager le noyau de fer feuilleté. On peut ainsi entourer le secondaire d'un pareil système d'un anneau de cuivre, amortisseur. L'anneau de cuivre déplacé le long du transformateur donne pour une longueur d'onde donnée, une meilleure amplification.

Mais quels que soient les soins actuellement employés pour la construction des transformateurs à haute fréquence, ils ont tout de même deux défauts. Le premier, c'est de ne permettre l'amplification que sur une gamme assez restreinte (fig. 15).

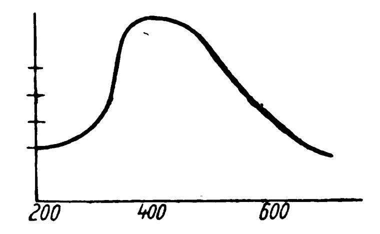


Fig. 15. — Courbe d'amplification d'un transformateur.

Le second est : quelles que soient les précautions prises en les construisant, de se mettre malgré tout en oscillations propres trop facilement. On cherche d'ailleurs à empêcher la création de ces oscillations propres qui sont nuisibles et on a imaginé différents systèmes, dont le plus commun consiste à rendre les grilles des premières lampes positives. C'est ce que les Américains appellent faire usage d'un « stabilisateur ». Mais si ce procédé rend évidemment plus stable l'amplificateur, c'est aux dépens de ses qualités amplificatrices.

On peut aussi régler le chauffage, procédé excellent, et on peut encore produire un couplage entre le circuit d'utilisation et le circuit d'entrée qui, à l'inverse des montages à réaction ordinaire, ait un effet amortissant.

Voilà quelles sont les difficultés auxquelles on se heurte, lorsqu'on veut employer la lampe comme amplificatrice haute

fréquence, sur petite longueur d'onde. Il y a une seconde façon de s'assurer une grosse amplification, avec moins de lampes : c'est de ramener du circuit d'utilisation une partie de l'énergie dans le circuit d'entrée. Cette énergie est à nouveau amplifiée, et l'on peut avoir ainsi un gain considérable d'amplification.

Entrons dans quelques détails sur la façon dont fonctionne un pareil système et il nous permettra une introduction à un système nouvellement créé et qui paraît avoir un avenir intéressant.



Fig. 16. — Un circuit oscillant.

Considérons (fig. 16) un circuit oscillant quelconque, dans lequel la force électro-motrice incidente vient agir. Ce circuit oscillant possède une longueur d'onde propre, déterminée, due aux valeurs des éléments self et capacité qui le constituent. Si une excitation extérieure instantanée vient agir sur ce circuit, celui-ci se met en vibration sur sa fréquence propre. On dit qu'il est en *oscillation libre*. Cette oscillation libre s'amortit peu à peu et d'autant plus rapidement, que le circuit présente une résistance plus grande au courant de haute fréquence qui le traverse. Quand une force électro-motrice alternative d'une certaine durée vient agir sur un pareil circuit, deux oscillations se produisent : l'une, qui est l'oscillation libre qui s'éteint progressivement et d'autant plus vite que le circuit est plus résistant, plus amorti ; l'autre est une oscillation forcée qui a la même fréquence que la fréquence d'excitation. Celle-ci dure autant de temps que la force électro-motrice agit sur le circuit. Si l'on accorde les constantes du circuit self et capacité de façon à ce que le circuit présente comme fréquence propre, juste la fréquence de l'oscillation qui vient l'exciter, les oscillations libre et forcée ont une amplitude maxima. On dit alors qu'on est en *résonance*, ce qui est le cas où l'on se place, en général, dans les circuits de réception radio-télégraphiques : on *accorde* presque toujours les circuits sur la longueur d'onde à recevoir.

A ce moment-là le circuit récepteur se comporte comme une simple résistance et le courant qui parcourt ce circuit est simplement le quotient de l'amplitude de la force électro-motrice qui arrive par la résistance présentée par le circuit ; l'oscillation libre, elle, décroit rapidement jusqu'à s'éteindre.

On voit que dans ce cas, qui est le cas général, c'est l'oscillation forcée qui est intéressante et dont on s'occupe. Cette oscillation forcée a une amplitude d'autant plus grande que la résistance du circuit est plus petite. On voit que si cette résistance de circuit devient presque nulle, l'amplitude de l'oscillation forcée est considérable.

Supposons que cette résistance devienne rigoureusement nulle. Alors l'amplitude de l'oscillation est très grande et si on cesse brusquement d'agir sur le circuit, cette oscillation va continuer à se produire avec la même amplitude, parce qu'il n'y a plus dans le circuit aucune cause qui absorbe de l'énergie et qui soit capable d'amortir l'oscillation. On peut dire que dans ce cas tout se passe comme si le circuit continuait indéfiniment à osciller en oscillations libres, et sans jamais s'amortir.

Eh bien, ce cas de la résistance nulle peut se produire par un artifice d'emploi des lampes qui est ce qu'on appelle *la réaction* ou le *couplage en retour*.

Si, dans une lampe employée comme amplificatrice, on fait repasser une certaine quantité d'énergie du circuit-plaque au circuit d'entrée (grille) et que cette énergie soit produite de telle façon qu'elle vienne renforcer l'énergie qui existe déjà dans ce circuit d'entrée, le courant dans ce circuit va être augmenté. On peut dire que tout se passe comme si sa résistance apparente était diminuée (fig. 17).

Ceci se réalise facilement lorsque le circuit plaque comporte une self que l'on vient coupler progressivement dans le bon sens avec la self du circuit oscillant d'entrée.

On constate alors par l'emploi d'un téléphone, par exemple dans un circuit récepteur, que l'amplification augmente dans des proportions notables. Mais il arrive un moment où la quantité d'énergie refluée du circuit plaque au circuit grille devient suf-

fisamment considérable pour annuler toute cause d'amortissement de ce premier circuit, la résistance apparente est devenue nulle, la moindre excitation extérieure ou locale met le système en oscillation propre ; une fois que ce système oscille, *la lampe n'est plus bonne comme amplificatrice*. Il y a donc une limite à l'amplification par réaction dans les lampes, c'est ce seuil à partir duquel la lampe entre en oscillation propre. Tant qu'on se tient en deçà de ce seuil, on obtient des systèmes dont le pouvoir d'amplification est considérable.

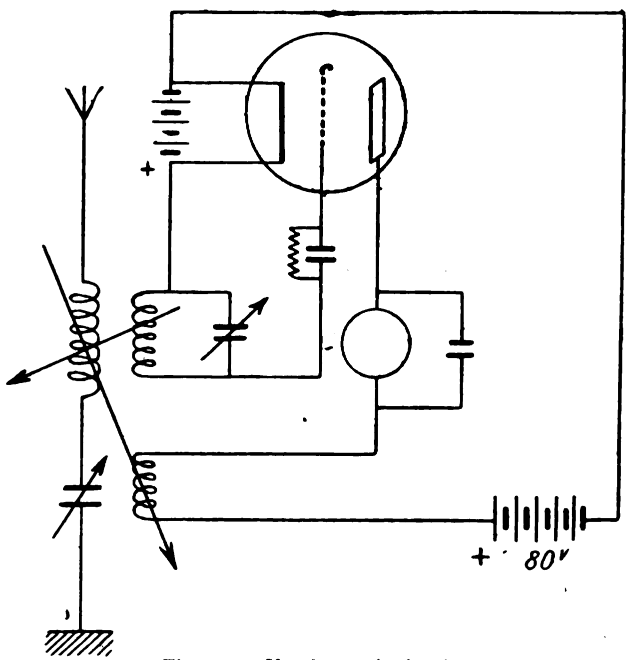


Fig. 17. — Une lampe à réaction.

Pour obtenir cet effet de couplage en retour, on peut employer plusieurs procédés dont les principaux se classent comme il suit : on peut employer le couplage par induction, qui est celui qui nous a servi d'exemple. On peut employer un couplage par capacité. On peut se servir d'une seconde lampe qui couple le circuit d'entrée au circuit d'utilisation. On peut faire des combinaisons des différents moyens self et capacité. On peut même

employer la résistance, mais dans ce cas, il faut plus d'une lampe à cause de la concordance de phase nécessaire.

Tous les montages actuels à une lampe sont des montages qui possèdent un certain pouvoir d'amplification dû à la réaction. Il en existe un nombre considérable qui ne diffèrent que par l'agencement intérieur des circuits. Je signale certains d'entre eux, parce qu'ils sont courants et pratiques dans la gamme de longueur d'onde que nous sommes en train d'examiner. Le montage (fig. 18) est analogue au montage de certains hétérodynes et il emploie un couplage à la fois par les capacités C_1 et C et par les

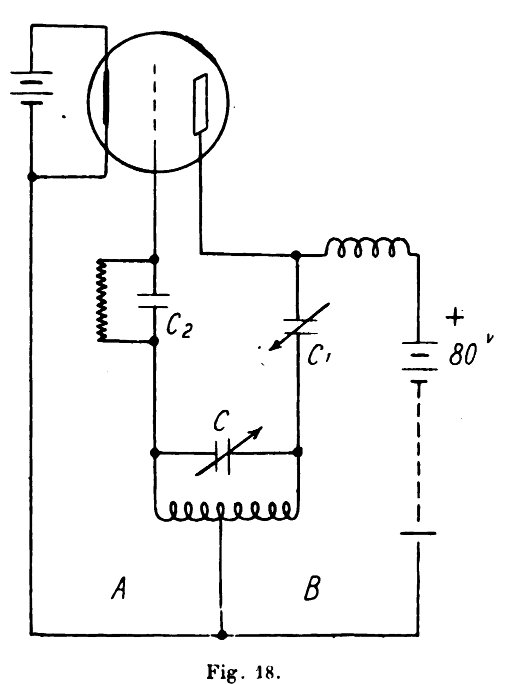


Fig. 18.

selfs A et B. Il est commode, parce qu'il peut s'accorder sur une très grande gamme de longueur d'onde. Un point intéressant et qui souvent, sur ces petites ondes, est précieux, est que l'alimentation de la plaque se fait en quelque sorte par dérivation. Mais pour empêcher les fuites haute fréquence, il est absolument nécessaire d'intercaler sur le circuit une self S et sans cette self rien ne fonctionne.

Un autre montage bien connu maintenant sous le nom de Reinartz est représenté fig. 19. Il emploie un couplage entre plaque et grille qui est une combinaison de self et de capacité. Ce montage est assez doux et d'un réglage facile et c'est surtout là la cause de son succès.

On peut encore utiliser comme moyen de réaction la capacité qui existe à l'intérieur de la lampe même. C'est le cas du montage à trois circuits que donne la figure 8.

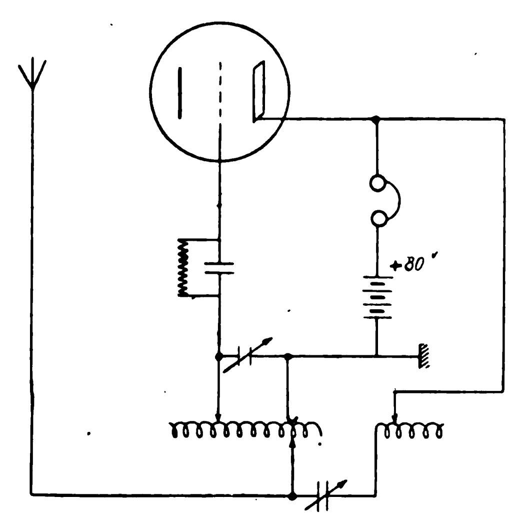


Fig. 19. — Montage Reinartz.

Enfin, on peut utiliser des montages très intéressants, du fait de leur propriété de symétrie.

Le montage à deux lampes symétriques (fig. 20) a le gros avantage de pouvoir être employé sur des fréquences très élevées, des longueurs d'onde de l'ordre, par exemple, de 50 mètres.

Ces différents montages à réaction permettent évidemment d'amplifier à haute fréquence avec d'autres lampes, et en général on adjoint une lampe haute fréquence à ces montages. Le montage hétérodyne (fig. 18) s'accorde très bien avec la mise en avant d'un étage à résonance. Le montage Reinartz peut facilement être suivi par une liaison réactance-capacité.

Les montages à réaction, puissants d'amplification, ont toute-

fois le désavantage de produire souvent des déformations dans la réception téléphonique. On peut recevoir d'une façon plus pure, avec des amplifications haute fréquence.

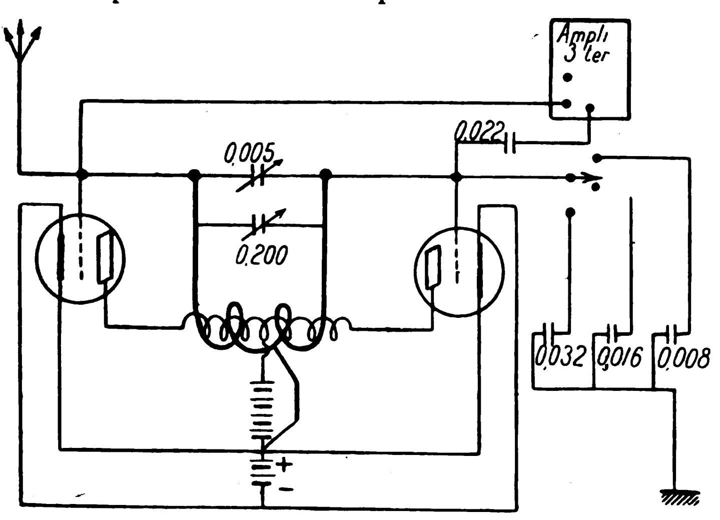


Fig. 20. — Montage de M. Mesny.

De toutes façons, l'amplification obtenue est limitée par le seuil à partir duquel la lampe entre en oscillation propre : à ce moment-là, elle ne peut plus fonctionner en amplificatrice. Il était intéressant toutefois d'essayer, de savoir, si on ne pourrait pas s'assurer une amplification supérieure en dépassant ce seuil qui jusqu'à ces derniers temps était impossible à franchir. C'est à Armstrong que l'on doit d'avoir trouvé le moyen de le dépasser. Cela revient à se demander ce qui se passe dans un circuit récepteur qui aurait une résistance apparente plus petite que nulle, c'est-à-dire négative. A ce moment-là on conçoit que des deux oscillations, forcée et libre, dont j'ai parlé, ce n'est plus l'oscillation forcée qui devient intéressante, c'est l'oscillation libre, parce qu'au lieu de décroître, cette oscillation libre croît avec le temps, de sorte que chaque fois qu'un signal vient exciter ce circuit récepteur, il provoque une oscillation libre dont l'amplitude est considérable et suit le signal récepteur. C'est cette oscillation qui remplace le signal reçu.

Ainsi le but de ce système de réception est de ne plus se servir de l'oscillation forcée engendrée par la fréquence extérieure, mais d'utiliser l'oscillation libre du circuit, laquelle a la propriété d'être très amplifiée, d'une part, et de suivre suffisamment les variations du signal qui arrive. Mais pour qu'un tel système puisse fonctionner, il faut que les causes extérieures autres que les signaux qui arrivent, ne viennent pas mettre en branle le système et provoquer des oscillations propres de la lampe. Il faut que la lampe ne se mette à osciller que sous l'action des signaux reçus.

Jusqu'à ces derniers temps, on n'avait pas imaginé de moyens permettant d'empêcher les amorçages d'oscillations intempestifs. Dès que la réaction devenait supérieure au couplage limite, la lampe se mettait à osciller. C'est la découverte d'Armstrong d'avoir remarqué que si on mettait alternativement le circuit récepteur dans une position telle qu'il soit tantôt en résistance positive, tantôt en résistance négative, la lampe n'amorçait pas d'oscillations dues à des circonstances locales, mais par contre les signaux qui arrivent sont considérablement amplifiés.

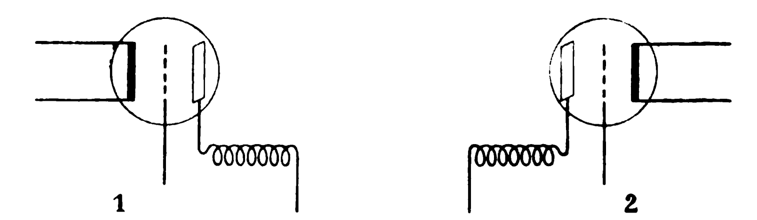


Fig. 21. — Montage Armstrong à variation de tension plaque.
1. — La réceptrice.
2. — L'oscillatrice auxiliaire.

Pour provoquer cette variation dans le couplage, deux moyens principaux ont été employés par Armstrong, qui sont d'ailleurs très simples : c'est l'action d'une lampe sur la première lampe réceptrice. Cette action d'une lampe peut se faire, soit sur la *tension plaque d'alimentation* de la première lampe, soit sur la *tension grille*. C'est ce qu'on peut schématiser très grossièrement par les deux figures 21 et 22.

Si l'une des lampes est la réceptrice accordée sur la fréquence à recevoir, la seconde lampe doit osciller à une fréquence qui soit telle qu'elle ne soit pas audible, et cette fréquence vient faire varier par une liaison schématiquement représentée la tension d'alimentation de la première lampe. En ajustant les constantes des circuits, on peut faire en sorte que cette variation de tension d'alimentation de la première lampe produise des variations à l'intérieur de cette première lampe qui place la lampe tantôt en état d'oscillation, tantôt en résistance amortissante. Dans ces conditions la lampe pourra fonctionner comme superamplificatrice. Au lieu d'attaquer la tension plaque de cette lampe, on peut attaquer sa tension grille, et c'est même généralement plus commo de.

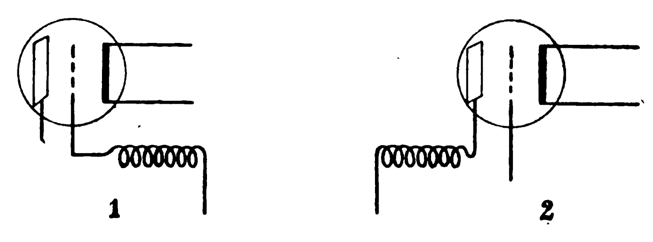


Fig. 22. — Montage Armstrong à variation de tension grille.
1. — La réceptrice.
2. — L'oscillatrice auxiliaire.

Mais si, d'une part, l'emploi de la lampe en relais amplificateurs est soumis à des précautions spéciales ; d'autre part les systèmes d'Armstong qui permettent une très grande amplification, sont d'un réglage très délicat, et d'autres systèmes ont été imaginés pour tenter une réception plus commode. Le principe général de ces autres systèmes est le *changement de fréquence*. Comme on ne sait pas bien amplifier sur les longueurs d'onde de l'ordre de 200 mètres, on s'arrange, à la réception, pour transformer ces signaux de 200 mètres en signaux qui ne soient plus sur 200 mètres, mais sur une longueur d'onde pour laquelle on connaît des moyens faciles et puissants d'amplification.

Ce changement de fréquence peut actuellement se faire de deux façons : soit en superposant dans un circuit oscillant une

fréquence différente telle que la différence des fréquences représente une longueur d'onde facile à amplifier et en détectant ces oscillations complexes, c'est ce qu'on appelle le *super-hétérodyne*. Cela revient à faire l'analogue de ce qu'on fait, lorsqu'on passe de la haute fréquence à la basse fréquence, mais on passe alors de la haute fréquence à une moins haute fréquence. On peut même faire ainsi des cascades de changements de fréquence.

Le second système consiste à se servir de l'oscillation incidente comme élément modulateur d'un courant local : Ce courant local oscille à une fréquence différente de la fréquence qu'on reçoit. Deux façons de faire peuvent se présenter à l'esprit. On peut recevoir aussi bien que possible l'onde de 200 mètres, détectée, amplifiée à basse fréquence, et faire agir ces signaux comme modulateurs d'un petit émetteur local. Cet émetteur local oscillant sur une longueur d'onde différente, va permettre une amplification de haute fréquence considérable et facile. On a même été jusqu'à envisager la retransmission. On peut encore se servir de l'oscillation haute fréquence comme élément modulateur d'une autre oscillation haute fréquence.

Il y a là un moyen de détection des ondes entretenues qui est nouveau, et il y a aussi un moyen de changer de fréquence qui permet l'amplification sur une autre fréquence et dans une gamme qu'on peut choisir à volonté de façon à ce qu'elle soit commode.

Cet article est un exposé très général des méthodes de réception des ondes de petite longueur. Il insiste sur les difficultés qu'on rencontre, mais ces difficultés ne sont pas insurmontables. Les ondes courtes ont permis ces dernières années et permettront encore des réceptions qui tiennent du record. Peut-être même arrivera-t-il un jour où au lieu de changer l'onde de 200 mètres en une onde plus longue, on amplifiera tellement bien l'onde de 200 mètres qu'on changera les ondes de grande longueur en signaux d'onde de 200 mètres, la super-amplification, le super-hétérodyne ou d'autres montages encore permettant alors des amplifications locales considérables.

UN MICROPHONE SANS DIAPHRAGME [1]

POUR LES ÉMISSIONS RADIOTÉLÉPHONIQUES

Les émissions instructives et amusantes du Broadcasting ont commencé aux États-Unis fin 1920. Le service régulier est devenu rapidement populaire, grâce surtout à sa nouveauté. A en juger par ce qu'il est aujourd'hui, on voit que la nature des programmes et la qualité de la modulation étaient, à l'époque, susceptibles d'une notable amélioration ; de fait, le perfectionnement des appareils et des méthodes de modulation a marché de pair avec l'extension donnée aux émissions.

Au moment où notre attention s'est portée sur ces questions, les perfectionnements progressifs apportés aux amplificateurs et aux dispositifs de modulation prouvaient indubitablement que le microphone à grenaille de charbon ne convenait pas pour reproduire la musique exactement.

Etant donné un appareil amplificateur n'occasionnant pas de distorsion, il faût que le dispositif enregistreur des sons émis transforme les ondes sonores en ondes électriques sans les déformer, c'est-à-dire qu'il réponde pour céla à certaines conditions, résumées ci-après :

1° Une onde sonore incidente ayant une intensité et une tonalité données doit toujours produire le même effet sur le microphone.

2° Il doit exister un rapport linéaire entre l'intensité sonore et l'effet produit.

3° Le dispositif doit être soigneusement amorti, afin qu'il reproduise correctement les ondes sonores complexes.

4° Il ne doit y avoir aucun point de résonance sur la courbe

(1) Philipps Thomas, *Journal Amer. Inst. of Electr. Engin.*, mars 1923.

de la variation de la reproduction des sons avec la fréquence ; de préférence, cette courbe devra être une droite parallèle à l'axe des fréquences.

5° Il est désirable que cette courbe de la reproduction des sons exprimée en fonction de la fréquence, puisse jusqu'à un certain point être réglable au microphone même, ceci pour permettre de corriger l'affaiblissement qui se produit sur les lignes aériennes ou sur les circuits de câbles reliant la source sonore à la station émettrice.

A un moment donné, notre attention s'était portée sur les variations de potentiel relativement considérables qui se produisent dans une décharge incandescente (« glow discharge ») dans le cas de pressions faibles ; on sait que cette décharge se produit lorsqu'on change la longueur de la distance explosive. Il nous semblait qu'il devait se produire quelque chose d'analogue dans l'air, à la pression atmosphérique. Un calcul montra que cet effet serait beaucoup plus sensible pour une valeur raisonnable de l'impédance, celle-ci étant cent fois plus grande à l'air libre qu'aux pressions indiquées plus loin. Des essais furent faits, qui semblaient prouver que la sensibilité à l'air libre ne serait pas suffisante étant donné le but qu'on se proposait d'atteindre ; il devenait donc nécessaire de se servir d'un diaphragme. Toutefois, il nous a été possible de montrer qu'on pouvait faire varier directement l'impédance de la décharge — sans le diaphragme intermédiaire — en modifiant la pression des ondes sonores qui traversent la distance explosive.

La décharge incandescente en courant continu à basse pression est une forme bien connue de la conduction par ionisation ; toutefois, peu de choses ont été publiées sur ses caractéristiques à l'air libre. Puisque le nouveau microphone utilise cette décharge comme impédance variable, il convient de donner une description sommaire du phénomène. Lorsqu'on applique un potentiel continu moyen entre deux électrodes séparées par une mince couche d'air, avec, en série, une résistance suffisante pour éviter la formation de l'arc habituel, il se produit une décharge particulière, incandescente, de faible intensité mais de tension élevée,

d'où le nom de décharge incandescente (« glow discharge »). L'intensité du courant est de l'ordre de 1 à 20 milliampères (ou un peu plus) pour des tensions comprises entre 200 ou 300 volts et 1.000 volts.

Quand elle se produit entre électrodes composées de certains métaux, — dont le cuivre est l'un des meilleurs, — cette décharge est remarquablement stable et constante. La distance explosive est semblable à celle qui existe à basse pression, sauf que certaines sections ont une longueur beaucoup plus faible. Il existe huit sections, dont quatre sont importantes à l'air libre. La figure 1 reproduit schématiquement les quatre sections qui sont, en allant de l'anode vers la cathode : la lueur de l'anode, la colonne de l'anode, la zone sombre de Faraday et la lueur de la cathode. Entre la lueur de la cathode et l'électrode négative, il existe une deuxième région sombre appelée zone sombre de Crookes ou zone sombre de la cathode. La chute de potentiel

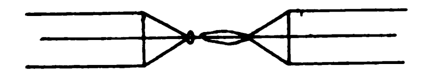


Fig. 1. — Schéma agrandi d'une décharge incandescente.

dans cette zone est très grande quoique sa longueur, à l'air libre, soit très courte.

Si la distance explosive est disposée comme le montre la figure 2, on constate que l'incidence des ondes sonores produit des potentiels alternatifs de fréquences équivalentes à travers le condensateur de couplage C, dont le rôle consiste à empêcher une chute de potentiel (en courant continu) dans la grille de la lampe amplificatrice A. La lampe redresseuse qu'on voit dans le circuit sert à maintenir constante la valeur du courant lorsque l'impédance de la décharge varie avec la pression. La sensibilité est remarquablement grande ; une amplification, dans la proportion de 10 à 1, donnera dans un serre-tête des sons très intenses. L'impédance de la décharge est de l'ordre de 500.000 ohms, valeur qui n'occasionne aucune difficulté pour maintenir la résistance d'isolement ou pour utiliser le dispositif concurremment avec des lampes à vide normales.

Au début de 1922, un dispositif de ce genre a été mis à l'essai dans une station émettrice de broadcasting. La figure 3 représente

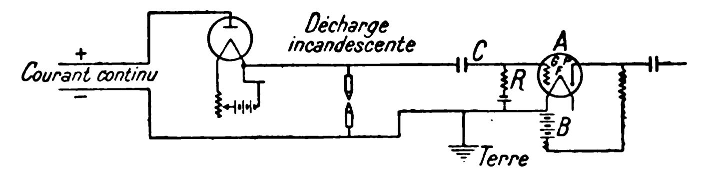


Fig. 2. — Schéma des connexions montrant le premier étage d'amplification.

schématiquement le système employé ; on a constaté qu'il présentait les inconvénients suivants :

1° la courbe de la sensibilité en fonction de la fréquence n'était pas plate ; elle s'abaissait rapidement lorsque la fréquence s'élevait ;

2° il se produisait des bruits parasites (grondements, sifflements, bruits vifs et aigus) qui n'avaient rien à voir avec les sons à recevoir. Ces bruits n'étaient pas gênants au point d'influer sur la modulation, mais ils étaient particulièrement désagréables pendant les intervalles de silence. Parfois, ils étaient assez forts pour produire une « surmodulation » du système ;

3° comme on pouvait s'y attendre, le dispositif était extrêmement sensible aux courants d'air, aucun écran n'ayant été fixé à la monture du microphone à décharge. L'ouverture brusque d'une porte du studio produisait des variations très importantes de la tension de la distance explosive. Le condensateur de blocage C (fig. 2) prenait de la surcharge ; le potentiel de la grille de la première lampe amplificatrice devenait positif et la sensibilité de l'appareil tombait à zéro jusqu'à ce que le condensateur se fût déchargé à travers la fuite de grille (« grid leak ») ;

4° il se produisait une certaine quantité de régénération de fréquence radio.

Ces inconvénients étaient assez prononcés pour rendre le dispositif inutilisable pour le broadcasting. Mais il possédait par ailleurs tant d'avantages (simplicité, robustesse, faible impédance, grande sensibilité, suppression du diaphragme) qu'on s'est efforcé de le perfectionner. Son principal défaut était la

perte d'une partie de ses qualités lorsque la fréquence s'élevait ; on chercha tout d'abord à remédier à cet inconvénient. Pour éviter une diminution de la sensibilité, il fallait si possible

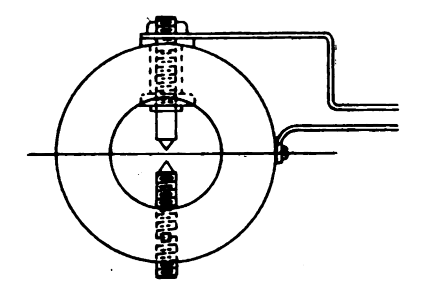


Fig. 3. — Microphone à décharge incandescente.

renforcer les parties faibles de la courbe plutôt que de réduire les parties fortes ; dans ce but, on eut recours, mais sans succès, à des porte-voix amplificateurs simples et doubles. Finalement, on reconnut la nécessité d'étudier la manière dont les différentes sections de la décharge répondaient aux vibrations acoustiques, et de rechercher celles qui y répondaient le mieux. On se servit pour cela d'une électrode creuse exploratrice, à travers laquelle s'effectuait la décharge. La figure 4 montre qu'on pouvait relier à la grille de la lampe amplificatrice l'une quelconque des trois électrodes (anode, cathode et électrode exploratrice). On reconnut que la portion la plus sensible était la colonne positive. Sa sensibilité était si grande que lorsqu'on utilisait toute la distance explosive (voy. fig. 2), les autres portions ne contribuaient à cette sensibilité que pour une très faible part. La sensibilité de la section comprise entre l'extrémité de la colonne positive et la cathode fut reconnue beaucoup plus faible que celle de la colonne positive ; par contre, elle était, dans de larges limites, indépendante de la fréquence. Lorsqu'on supprime l'effet de la colonne positive, il faut amplifier davantage, mais alors on peut rendre négligeable l'influence des variations de la fréquence.

On voit donc qu'en donnant à la distance explosive des dimensions convenables, et en plaçant judicieusement l'électrode

exploratrice, il est possible de régler, dans une certaine mesure, la forme de la courbe fréquence/réponse aux vibrations. Il convient de remarquer que lorsqu'on augmente la distance qui sépare l'anode de la cathode, le caractère de la décharge ne change pas ; seules sont modifiées la longueur de la colonne positive et la chute de tension dans cette colonne. Le gradient de la colonne positive est, en chiffres ronds, de 500 volts par centimètre de longueur. Si la distance cathode-anode est réduite, et si l'électrode exploratrice est amenée près de la cathode, la réponse aux vibrations sera fournie principalement par la cathode, et la courbe sera pratiquement plate ; si cette distance cathode-anode est accrue (sans qu'il soit rien changé à la distance qui sépare l'électrode exploratrice de la cathode), l'action différentielle des parties de la cathode et de la colonne positive sur la variation de la tension à l'électrode exploratrice, aura pour effet de supprimer en partie la réponse aux vibrations dans la partie inférieure de la gamme des fréquences audibles. Mais alors la courbe se redressera. Quand on rapproche l'électrode exploratrice de l'anode, la caractéristique de la colonne positive devient peu à peu prédominante ; puis, quand on utilise toute la distance explosive, la caractéristique redescend très brusquement.

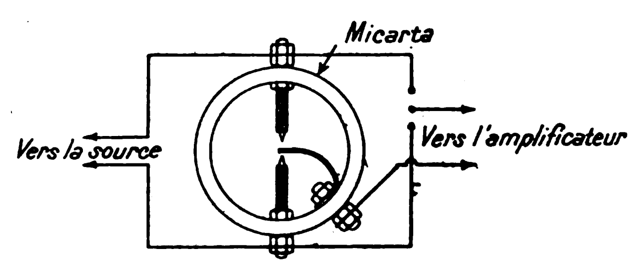


Fig. 4. — Microphone à décharge incandescente muni de l'électrode exploratrice.

On voit donc que ce microphone permet d'utiliser un dispositif amplificateur n'introduisant pas de distorsion et de faire varier, de modifier à volonté le caractère de la modulation par simple réglage du microphone même.

On a constaté qu'on pouvait remédier aux effets nuisibles dus aux courants d'air, sans que le dispositif cesse de répondre convenablement aux ondes acoustiques ; il suffit pour cela de

placer des écrans protecteurs à l'une quelconque des extrémités d'un tube très court renfermant les bornes de l'éclateur. On a reconnu qu'il ne convenait pas de fermer hermétiquement une des extrémités du tube, car cette fermeture avait pour effet de diminuer la sensibilité aussi bien que la résonance, à la fréquence naturelle de l'enveloppe.

Après avoir supprimé en grande partie les bruits parasites grâce à l'électrode exploratrice, on reconnut la nécessité d'affaiblir la source de ces bruits. On y parvint en utilisant des électrodes faites d'un alliage spécial ayant une faible conductivité et un point de fusion assez bas. En choisissant convenablement le diamètre et la longueur des électrodes et en employant des courants de décharge d'intensité appropriée, le microphone peut fonctionner longtemps sans qu'il y ait production de bruits parasites. De plus, les électrodes cessent d'être utilisables au bout d'un temps qui est sensiblement toujours le même. Il est donc facile de tenir prêtes des pièces de rechange qu'on utilisera le moment venu.

En vue de perfectionner davantage le système, on a imaginé un redresseur à courant faible et tension élevée et des filtres (résistances-capacités) qui permettent d'obtenir une décharge brusque et maintiennent le courant pratiquement indépendant de l'impédance de la décharge. Depuis plusieurs mois, des microphones construits sur le principe qui vient d'être indiqué, servent pour transmettre les programmes de broadcasting de la station émettrice *KDKA* dont il a été question plus haut.

Pour finir, on doit dire que malgré qu'il serait désirable d'employer un microphone qui réponde exactement aux ondes acoustiques quelle que soit la fréquence, on n'en a pas trouvé jusqu'ici ; toutefois, la chose est réalisable. Les imperfections des types de serre-têtes et de haut-parleurs dont on se sert aujourd'hui obligent à régler la modulation, dans une certaine mesure, afin que les signaux reçus soient la reproduction aussi fidèle que possible des signaux émis. Ceci est en partie réalisé par le nouveau microphone ; on pourra donc profiter ultérieurement des améliorations apportées aux appareils récepteurs, au fur et à mesure qu'elles seront réalisées.

LES ESSAIS TRANSATLANTIQUES

EFFECTUÉS EN DÉCEMBRE 1922

ENTRE LES AMATEURS DE T.S.F. AMÉRICAINS ET EUROPÉENS (1

Résultats obtenus en France et en Suisse. — La troisième série d'essais transatlantiques, organisés aux-États-Unis par l'*American Radio Relay League* et en Europe par les sociétés de T. S. F. de France et de Grande-Bretagne, comportait des transmissions américaines, écoutées en Europe du 12 au 21 décembre, et des transmissions européennes, écoutées en Amérique, du 22 au 31 décembre.

Les transmissions se faisaient de nuit, de 0 h. à 6 h. (Greenwich) sur longueurs d'onde d'environ 200 mètres et avec puissance maximum d'un kilowatt.

1° *Transmissions américaines.* — Des essais préliminaires locaux ont eu lieu du 26 octobre au 4 novembre, en vue de faire une sélection des meilleurs postes d'amateurs américains, auxquels devait être attribué un mode de code à transmettre, non connu des stations de réception. L'épreuve consistait à couvrir une distance d'au moins 1.920 kilomètres sur terre. Près de 450 postes remplirent la condition exigée; 324 d'entre eux furent inscrits en temps utile pour recevoir le mot de code à transmettre ; les autres et tous ceux pour lesquels n'avait pu être constaté le minimum de portée de 1.920 kilomètres sur terre purent également participer aux essais définitifs, mais sans transmission de mot de code.

Les réceptions eurent lieu principalement en Grande-Bretagne et en France. Aux amateurs britanniques se joignit un amateur

(1) Conférence de M[r] le Docteur CORRET donnée à la Sorbonne, le 3 mars 1923, sous les auspices du Radio-Club de France.



hollandais ; deux amateurs suisses firent connaître au Comité français les résultats obtenus par eux.

Alors qu'aucun poste d'amateur américain n'avait pu être entendu avec certitude en Europe au cours de la première série d'essais transatlantiques, en Février 1921, et qu'une trentaine seulement l'avaient été pendant les seconds essais, en Décembre de la même année, le nombre total des différents postes d'amateurs américains reçus, avec ou sans mot de code par 26 amateurs français et par deux amateurs suisses, au cours de cette troisième série d'essais, a été de 246, dont deux seulement signalés comme employant une émission amortie.

Des résultats encore meilleurs ont été obtenus en Grande-Bretagne par un plus grand nombre d'amateurs, habitués depuis plus longtemps que les amateurs français à la réception des petites longueurs d'onde. Il en sera rendu compte par un comité spécial de la Société de T. S. F. de Grande-Bretagne.

L'intérêt scientifique de ces résultats paraît indiscutable, surtout si l'on considère que la plupart des postes américains n'ont utilisé qu'une puissance bien inférieure au maximum admis d'un kilowatt (1) et que la réception s'est souvent effectuée en Europe avec une seule lampe ou sur antenne très réduite.

Les essais ont été faits, il est vrai, dans des conditions optimum d'heure et d'époque de l'année. Il n'en ressort pas moins que, dans ces conditions, et indépendamment des obstacles à leur propagation dont il sera question plus loin, les ondes entretenues de petite longueur ont montré une remarquable aptitude, que l'on pourrait dire « intrinsèque », à la réalisation de grandes portées avec une petite puissance. Le poste américain 8AQO, notamment, reçu par un grand nombre d'amateurs européens, a été signalé par l'un d'eux comme « excellent sur une seule lampe » et « entendu, casque sur la table, dans toute la pièce, avec

(1) Le seul poste dont nous connaissions actuellement les conditions d'émission et qui a été entendu en Suisse, employait, en parallèle, quatre lampes dites de *cinq* watts, dont le régime normal d'utilisation est, pour le filament, de 2,35 ampères sous 7,5 volts, et, pour la plaque, de 45 milliampères sous 350 volts. La tension de plaque employée était de 750 volts.

super-hétérodyne, lisible certainement à 10 mètres des écouteurs et très probablement à 20 mètres, presque avec la régularité des grands postes transatlantiques et souvent beaucoup plus fort qu'eux, à égalité de lampes ».

Un autre fait intéressant constaté a été celui de la réception facile de ces ondes entretenues de petites longueur sur de grandes antennes non accordées, non seulement dans le cas de disposition spéciale de ces antennes, comme celle de l'antenne Beverage, ou dans celui de l'emploi d'un récepteur plus ou moins particulier, comme le Reinartz, mais également avec des antennes et des récepteurs de types classiques.

Les essais transatlantiques ont également confirmé les difficultés qu'il y aurait à l'emploi régulier d'ondes entretenues de petite longueur pour réaliser de grandes portées, principalement à cause des obstacles qu'elles paraissent rencontrer dans leur propagation.

Il n'avait pas été question d'effectuer de jour ces essais, en raison de la grande diminution de portée qui a été depuis longtemps constatée pour les ondes courtes. On avait, au contraire choisi les heures où il fait nuit sur la totalité du parcours Amérique-Europe.

Mais, même dans ces conditions, de grandes irrégularités ont presque toujours été constatées dans l'intensité de la réception d'un même poste, cette réception pouvant varier très rapidement d'« excellente » à « illisible », pour redevenir très bonne quelques instants après. Ces variations rapides, qui se produisent d'ailleurs également pour des distances beaucoup moins grandes, sont bien connues des amateurs américains, qui les désignent sous le nom de « fading » et pour lesquelles ils ont même adopté l'abréviation télégraphique spéciale QSS. Elles ont fait, de leur part, l'objet d'essais méthodiques, en collaboration avec le Bureau des Standards. De ces essais, il a semblé résulter qu'on pouvait sans doute attribuer la cause des variations rapides de l'intensité de réception des ondes de petite longueur à des absorptions ou même peut-être à des réflexions d'origine atmosphérique.

Une autre cause, d'ailleurs connue, d'absorption des ondes courtes semble bien mise en évidence par les résultats des essais transatlantiques. Les postes transmettant avec mot de code se trouvaient être assez comparables entre eux, puisqu'ils devaient, d'une part, avoir réalisé une portée terrestre minimum de 1.920 kilomètres, et que, d'autre part, ils ne pouvaient disposer que d'un maximum de puissance d'un kilowatt. Or, si l'on établit, d'après les résultats français et britanniques transmis par les stations de Sainte-Assise et de Carnarvon, le pourcentage des postes transmettant avec mot de code qui ont été entendus en Europe, on obtient les résultats suivants ; les 1er, 2e, 3e, 4e et 8e districts d'inspection radiotélégraphique, qui s'échelonnent le long de la côte Atlantique des États-Unis, ou à son voisinage immédiat, fournissent respectivement 60, 50, 54, 13 et 20 pour cent de postes entendus, tandis que les districts du centre et de la côte Pacifique tombent à 4, à 5, et à 4,5 pour cent. Ces derniers districts sont, il est vrai, à une distance plus grande de l'Europe que les premiers, mais ce facteur d'infériorité paraît insuffisant à expliquer, à lui seul, la grosse et brusque différence constatée, et il faut sans doute faire intervenir l'absorption due à un long trajet terrestre pour les ondes émises par ces districts.

Les premiers essais transatlantiques, ceux faits par Marconi, il y a quelque vingt ans, avec une puissance et une longueur d'onde qui ne nous semblent plus aujourd'hui que modérément grandes, ont posé le problème de la propagation des ondes hertziennes autour de la terre. Ce problème n'est pas encore définitivement résolu et différentes hypothèses se partagent, à son sujet, l'opinion des savants et des techniciens de la radiotélégraphie. Peut-être ces savants et ces techniciens trouveront-ils dans les essais transatlantiques effectués avec des postes de petite puissance et sur petites longueurs d'onde l'occasion d'observations nouvelles leur permettant d'infirmer ou de confirmer l'une ou l'autre de leurs théories.

Les amateurs, qui ne peuvent se permettre des visées aussi hautes, chercheront certainement, eux aussi, à tirer des conclusions des essais transatlantiques. Pour être plus modestes, elles

n'en auront pas moins pour eux beaucoup d'intérêt. Dans la grande expérience qui vient d'être faite avec ces ondes courtes dont l'usage leur est maintenant permis, quels sont les modes de réception avec lesquels ont été obtenus les meilleurs résultats?

A vrai dire, chaque résultat particulier a dépendu non seulement de l'excellence de l'appareil utilisé, mais aussi d'autres facteurs assez nombreux, tels que l'habileté des opérateurs à s'en servir; leur habitude plus ou moins grande de la lecture au son; leur nombre même, qui pouvait leur permettre, par une écoute simultanée, de saisir des indicatifs avec plus de certitude ou de se relayer sans fatigue; le temps total qu'ils ont consacré à la réception, les qualités de leur antenne, plus ou moins haute, plus ou moins dégagée, plus ou moins bien établie, installée en un lieu plus ou moins favorable, etc.

On peut espérer cependant qu'en considérant l'ensemble des résultats qui nous ont été communiqués par 24 stations différentes, les facteurs particuliers à chaque réception s'équilibreront plus ou moins et qu'il sera ainsi permis de dégager des conclusions montrant, dans une certaine mesure, le mérite relatif des méthodes qui ont été employées.

En classant ces méthodes de façon peut-être un peu arbitraire mais que la pratique justifie cependant, on obtient, pour chacune d'elles, les résultats suivants :

Mode de réception	Nombre de stations ayant employé ce mode de réception	Nombre total de postes reçus par ces stations
Superhétérodyne	2	158
Un étage d'amplification HF à résonance	7	153
Pas d'amplification HF	8	102
Amplification HF par transformateurs sans fer	4	59
Plusieurs étages d'amplification HF à résonance	3	9

Les méthodes qui, au cours de ces essais, ont donné les meilleurs résultats sont donc : celle dite « superhétérodyne », dont l'idée première appartient à un Français, M. Lévy, et qui a été appliquée par M. Armstrong à la réception des petites longueurs d'onde, et celle consistant à employer un étage d'amplification, haute fréquence, à résonance, avant la détection.

Nous n'avons pas mentionné le nombre d'étages plus ou moins grand d'amplification à basse fréquence qui a été employé dans les différents cas. La réception à grande distance des émissions sur petite longueur d'onde est, en effet, avant tout, une question, fort difficile d'ailleurs, d'amplification à haute fréquence. Et, d'autre part, beaucoup des opérateurs ayant pris part aux essais transatlantiques ont été amenés à diminuer de plus en plus leur amplification à basse fréquence, et même à la supprimer tout à fait, pour éviter l'assourdissement qui résultait pour eux de l'amplification des parasites.

Les dispositifs d'accord employés ont été soit l'Oudin, soit le Tesla, réalisés sous des formes plus ou moins classiques et avec utilisation de la réaction soit par couplage des circuits de grille et de plaque, soit par accord variométrique du circuit de plaque.

Quatre stations ont utilisé le récepteur Reinartz, l'une avec deux étages d'amplification haute fréquence par transformateurs sans fer ; les autres sans amplification haute fréquence.

Avec ce même récepteur et en n'utilisant qu'une seule lampe, une station a reçu incidemment, au cours des essais, la téléphonie sur petite longueur d'onde de la station américaine de Newark, qui a été reçue également par plusieurs autres stations avec les appareils qui leur servaient pour les essais.

2° *Transmissions françaises.* — Vingt-trois stations d'amateurs français s'étaient inscrites pour participer aux essais de transmission. Une dizaine seulement d'entre elles ont réellement transmis, et une seule, établie à Nice, a été entendue en Amérique.

Plusieurs des stations qui ont transmis ne l'ont fait qu'assez irrégulièrement, par suite de difficultés ou d'incidents divers, certaines pendant peu de temps chaque nuit, d'autres pendant seulement une ou deux nuits.

La plupart de ces stations n'étaient d'ailleurs autorisées à transmettre qu'avec une puissance de 100 watts à l'alimentation.

Plusieurs avaient bien reçu l'autorisation d'utiliser un kilowatt, mais cette autorisation n'avait été accordée que pour la durée des essais transatlantiques et le petit nombre des amateurs qui auraient pu engager la dépense déjà considérable de l'installation d'un poste de cette puissance n'ont pas cru pouvoir le faire pour une utilisation de si courte durée.

Enfin, bien qu'il ait été instamment demandé aux amateurs américains de s'abstenir de transmettre, surtout avec émission amortie, pendant la période où devaient être écoutées les stations européennes, nombre d'entre eux n'ont pas tenu compte de cette invitation et ont ainsi compromis, par des brouillages extrêmement gênants, le succès de la seconde partie des essais transatlantiques.

La seule station française qui ait été entendue en Amérique avait été autorisée, sans limitation de durée, à utiliser une puissance d'un kilowatt, en ondes entretenues. Elle s'est efforcée de réaliser cette puissance au moyen de quatre lampes dites de 250 watts travaillant en parallèle avec le montage classique d'une bobine de grille couplée à une bobine de plaque faisant elle-même partie du circuit antenne-terre. Une tension alternative de plusieurs milliers de volts était directement appliquée aux plaques, à la fréquence de 25 périodes par seconde.

Dans ces conditions, l'intensité a atteint 4,8 ampères, pour une longueur d'onde de 195 mètres, dans une antenne dont le montage n'avait été terminé qu'au moment des essais et dont toutes les constantes n'avaient pu être exactement mesurées, faute de temps.

Cette antenne était constituée par trois prismes à 8 fils de 20 mètres de longueur rayonnant en demi-parapluie autour d'un support de 35 mètres de hauteur (mât de 10 mètres surmontant une maison de 25 mètres) et soutenus à leur extrémité libre par des mâts de 25 mètres. Ces prismes seraient plus exactement nommés des troncs de pyramide, car leur diamètre allait en augmentant depuis leur support commun, où il était de 2 mètres, jusqu'à leur extrémité libre, où il atteignait 4 mètres. Les 24 fils

constituant l'antenne descendaient jusqu'au poste sous forme de trois prismes parallèles de 20 mètres de longueur et de 20 centimètres de diamètre ; ils étaient constitués chacun par un câble formé de 8 fils de cuivre émaillé de 6/10 de millimètre. La longueur d'onde était d'environ 200 mètres ; elle était portée à 250 mètres par la self de couplage introduite et ramenée à 195 mètres par un condensateur en série.

La terre était prise aux canalisations d'eau, de gaz et de chauffage central, ainsi qu'aux gouttières, à une descente de paratonnerre et à 80 mètres environ de treillage métallique enterré sous les différents prismes de l'antenne, le tout réuni par du ruban de cuivre de trois centimètres de largeur. Un réseau de 12 fils (quatre sous chaque prisme) avait été installé vers le milieu des essais, avec l'intention de l'utiliser comme contre-poids, mais les conditions locales étant extrêmement défavorables, la pratique a montré que le meilleur emploi à faire de ce réseau était de le mettre à la terre.

La transmission fut faite de façon à lui assurer le maximum de chances de succès : manipulation lente et très régulière, répétition fréquente de l'indicatif et du mot de code, fonctionnement aussi continu que possible du poste pendant les périodes attribuées aux stations françaises. La longueur d'onde, assez basse, permettait d'éviter partiellement les brouillages américains.

La réception de ce poste en Amérique était rendue assez difficile, au milieu des parasites, par le caractère discontinu que donnait à l'émission l'alimentation des plaques en courant alternatif à 25 périodes. Elle a été, malgré cela, signalée, le 23 et le 25 décembre, par un amateur américain utilisant une lampe détectrice et un étage d'amplification à basse fréquence ; le 30 décembre, avec une régularité particulière et signaux lisibles pendant une heure, par un autre amateur américain recevant sur grande antenne non accordée avec une lampe détectrice à réaction suivie de deux étages d'amplification à basse fréquence ; le 26 et le 20 décembre par le radiotélégraphiste du vapeur français « Janus », qui se trouvait, à ce moment, sur la côte américaine, à l'entrée de la rivière Delaware, également avec une lampe

détectrice à réaction suivie de deux étages d'amplification à basse fréquence.

De Grande-Bretagne ont été entendues deux stations appartenant, l'une à la Société de T.S.F. de Grande-Bretagne, à Londres, l'autre à celle de Manchester, et peut-être une troisième station, dont l'identité n'a pas encore été vérifiée.

*
* *

En terminant ce compte rendu, le Comité Français des Essais Transatlantiques est heureux d'exprimer ses félicitations aux amateurs qui ont reçu des transmissions américaines ou qui ont réussi à se faire entendre en Amérique. Ces expériences, si intéressantes, ont été l'heureuse occasion pour les membres des trois sociétés françaises de T.S.F. d'unir leurs efforts en une amicale collaboration et, par cette union, d'obtenir des résultats qui n'ont pas été sans étonner quelque peu leurs camarades étrangers.

Les précédents essais, ceux qui ont montré pour la première fois la possibilité de franchir l'Atlantique avec petite puissance et petite longueur d'onde, avaient attiré l'attention des savants et montré que des modestes expériences des nombreux amateurs maintenant répandus dans les diverses parties du monde, il était possible, à l'occasion, de tirer des observations utiles. La troisième série des essais transatlantiques, a consacré, en France, la collaboration, qui pourra être féconde, des amateurs et des techniciens de la T.S.F. ; les premiers recevant des seconds des conseils, des enseignements et des directives qui leur avaient un peu manqué jusqu'ici ; les techniciens pouvant, de leur côté, trouver dans les amateurs une « masse expérimentale » précieuse, aimant la science, prête à lui apporter avec une ardeur enthousiaste ses efforts et sa coopération, et telle qu'il serait peut-être difficile à un corps savant et même à un État d'en constituer une semblable, tout au moins comme zèle et comme étendue.

En présence des résultats très encourageants obtenus, le Comité se propose d'organiser de nouvelles expériences, en télégraphie et en téléphonie, sur ondes de 200 mètres et au-dessous. Elles seront annoncées en temps utile par les revues de T.S.F., mais les amateurs feront bien de s'y préparer dès maintenant, tant pour la transmission que pour la réception.

L'organisation méthodique du Travail

ET SON APPLICATION AUX POSTES ET TÉLÉGRAPHES (1).

SOMMAIRE :

---

(1) Conférences faites à l'École des Postes et Télégraphes, par M. Ch. de Fréminville, les 16 et 23 décembre 1922.

Le problème de l'organisation méthodique du travail, qui fait l'objet de ces conférences, se pose dans toute son ampleur quand il s'agit d'un grand service public tel que l'Administration des Postes, Télégraphes et Téléphones, comportant une exploitation industrielle, occupant un personnel très nombreux et faisant usage d'un outillage considérable. Mais, dans l'obligation où nous sommes de nous limiter, nous commencerons par indiquer le point de vue que nous adoptons.

Fayolisme et Taylorisme.

Les critiques dont l'organisation de l'Administration des Postes, Télégraphes et Téléphones a fait l'objet sont extrêmement nombreuses. Cela n'a rien de surprenant, car il est très facile de critiquer. Sans nous arrêter, pour le moment, à leur examen, nous constaterons que ce qui s'en dégage de plus clair, c'est qu'on pourrait souhaiter que l'organisation de cette grande administration se rapprochât, autant que possible, d'une organisation industrielle. C'est bien aussi notre avis, mais l'organisation industrielle, malgré les vertus qu'on lui attribue, n'est pas, elle-même, une chose parfaitement définie. L'industrie moderne n'est pas vieille, et il n'est pas exagéré de dire qu'en matière d'organisation, elle cherche encore sa voie. Or les spécialistes lui en indiquent plusieurs, conduisant peut-être au même but, mais dont les points de départ sont très différents. Les uns s'appuient sur l'étude du travail du chef pour chercher à inculquer des principes dont la justesse paraît incontestable. Vous savez que c'est ce qu'a fait M. Fayol, quand, après une longue et brillante carrière industrielle, il a voulu être l'apôtre d'une science qu'il a su dégager de l'analyse des principes fondamentaux assurant le succès des entreprises industrielles. Vous savez qu'il s'est efforcé, avec une activité qu'on rencontre rarement chez un homme de son âge, de les faire appliquer, non seulement à la direction des entreprises industrielles, mais encore au travail même des hommes placés à la tête de l'État. S'il a su se faire écouter, particulièrement en ce qui concerne l'Administration

des Postes, Télégraphes et Téléphones, c'est qu'il s'est attaché à chercher la solution des questions qui se posent devant elle, avec la plus grande droiture, le plus parfait désintéressement, et en rendant aux qualités du personnel d'élite qu'elle emploie un hommage auquel je suis heureux de pouvoir m'associer.

D'autres ont recours à l'analyse du travail le plus élémentaire de l'ouvrier pour dégager les conditions essentielles à la bonne utilisation du travail et à son bon rendement. C'est la méthode indiquée par Taylor dont vous avez tous entendu parler, et qui se rapporte plus spécialement au titre que nous avons donné à cette conférence, « *l'Organisation Méthodique du Travail* ».

Ces deux manières d'aborder le problème présentent un égal intérêt et se complètent très utilement. En ce qui nous concerne, nous choisirons la seconde, et nous nous attacherons à la méthode qui découle de l'analyse des travaux élémentaires, dont Taylor a fait voir toute l'importance. Mais, avant de chercher à montrer ce que l'Administration des P.T.T. peut en attendre, nous pensons qu'il ne sera pas inutile de passer en revue les étapes successives de l'organisation industrielle, et les efforts qui ont été faits pour l'adapter aux nécessités de l'heure présente. Nous pourrons ainsi montrer la situation devant laquelle se trouvait Taylor quand il a commencé à étudier les travaux de l'atelier, ce qui est indispensable pour comprendre la portée de son œuvre. Puis nous passerons en revue les étapes successives des études qui l'ont conduit à formuler les principes d'organisation du travail en insistant sur les procédés d'analyse et de préparation du travail dérivés de ces principes. Enfin nous terminerons en citant plusieurs exemples empruntés à l'Administration des Postes, Télégraphes et Téléphones, relatifs à des cas où les services techniques ont déjà fait usage de ces procédés pour rechercher les perfectionnements possibles, et même leur donner un commencement de réalisation.

I. L'ÉVOLUTION DE L'ORGANISATION DANS L'INDUSTRIE.

Les premières étapes.

L'Organisation « des Administrations ».

Bien que nous ne nous occupions, en ce moment, que d'organisation industrielle, nous parlerons d'abord d'une forme d'organisation, la première par ordre d'ancienneté, que l'industrie n'a pas créée mais qu'elle a quelquefois empruntée.

Avant que l'industrie existât, telle que nous la comprenons aujourd'hui, des services, publics ou autres, avaient, depuis longtemps, pris une grande importance, et ne pouvaient fonctionner sans que quelqu'un fût chargé, suivant la formule de M. Fayol, de « prévoir, d'organiser, de commander, de coordonner, et de contrôler ». C'est ce qu'ont fait des hommes comme Colbert ou Vauban, et bien d'autres, qui personnifient notre conception habituelle de la direction des affaires *reposant sur le choix d'un homme exceptionnel*, et plus ou moins universel, capable de résoudre toutes les difficultés par son intervention directe. Il est vrai, du reste, que notre pays a pu fournir de nombreux exemples d'hommes assez bien doués pour faire face aux tâches véritablement extraordinaires qu'impose une pareille conception de la conduite des affaires.

Toutefois, l'activité d'un homme a des limites. Quand sa charge devient trop lourde, notre homme exceptionnel peut chercher à l'alléger en réglementant, une fois pour toutes, le travail de ses subordonnés, pour ne plus avoir à intervenir. C'est ce qui a donné naissance au premier type d'organisation qu'on rencontre chez nous, qu'on peut appeler l'organisation « des Administrations ». Je n'ai pas à en faire le procès, beaucoup d'autres l'ont déjà fait et lui ont attribué tous les défauts imaginables. Disons seulement, pour fixer les idées, qu'elle consiste surtout dans la définition d'un certain nombre de fonctions, dont les titulaires, auxquels on demande un certain degré d'instruction

générale qu'on suppose tenir lieu de formation, doivent se conformer constamment à un règlement qui leur est imposé, règlement sans cesse complété pas des ordres de service et des circulaires.

On accuse l'Adminslration d'être formaliste et de constituer un cadre rigide peu favorable à la bonne utilisation des compétences, d'où résulte souvent une grande lenteur dans le travail. Du reste, les reproches qu'on lui adresse ne visent pas plus spécialement l'Administration française. Un ingénieur américain éminent compare celle de son pays à la valve d'une machine à vapeur qui ne fonctionnerait que pour fermer. On peut même dire que notre administration, malgré ses défauts, constitue un idéal auquel nous sommes très attachés et que beaucoup de personnes n'ont pas renoncé à voir mettre en pratique d'une façon plus efficace. Le Français, tout en maugréant contre l'Administration quand il n'est pas content de ses services, a encore un certain respect pour cette forme d'organisation à laquelle il reconnaît de grandes garanties d'intégrité. De plus, se considérant toujours un peu comme un candidat éventuel aux emplois qu'elle comporte, il apprécie la sécurité du traitement et la retraite.

Pendant la période qui a précédé le développement de l'industrie, des *entreprises commerciales* ou *des établissements de crédit*, *des banques*, possédaient déjà des organisations plus ou moins complètes, présentant les dehors des administrations, mais dans lesquelles les règlements étaient remplacés par des traditions ou des principes, par une éducation et une formation du personnel en vue de leur application, ce qui constitue un caractère important. Il est vrai que c'est surtout à l'étranger, en Angleterre ou en Italie, que ces établissements s'étaient développés. Le Français d'alors, ressemblant en cela au Français d'aujourd'hui, s'intéressait peu aux affaires commerciales et quand il y avait réussi dans une certaine mesure, il les abandonnait pour se diriger vers le fonctionnariat, qui attire encore tant de gens vers les grandes administrations.

De l'artisan au machinisme.

Du côté de l'industrie proprement dite, les débuts de l'organisation ont été modestes.

L'artisan. — Il y a à peine 150 ans, l'artisan devait faire, à lui seul, tous les travaux de sa profession. Travaillant habituellement dans un atelier familial et n'utilisant que des outils à main, il se donnait beaucoup de mal pour produire très peu. Cependant, cet artisan ne travaillait pas dans l'isolement complet. Il comprenait la nécessité du groupement et de la collaboration. Les guildes, les jurandes et maîtrises, dont il faisait partie, étaient des associations veillant au recrutement et à la formation des ouvriers, à la conservation des bonnes traditions, au développement de la technique. L'ouvrier, une fois admis, devait se conformer aux statuts, pour soutenir le bon renom de l'association sous tous les rapports, et rendre au public les services que ce dernier attendait de lui.

L'atelier. — Les industries d'art, dont l'importance a toujours été très grande dans notre pays, s'accommodaient sans trop de peine de cette organisation primitive, mais la fabrication des objets de consommation courante ne pouvait satisfaire en l'employant, qu'aux besoins d'un marché restreint, limité par la difficulté des communications. Le développement des moyens de transport donnant aux marchés une plus grande extension — au marché anglais surtout, grâce à l'importance de sa marine marchande — on commença à employer, pour augmenter le rendement de la main-d'œuvre, des procédés industriels tels que la division du travail, la spécialisation et la réunion des ouvriers dans de grands ateliers, méthode dont l'emploi se répandit rapidement.

La machine. — C'est du reste à ce moment que la machine à vapeur fit son apparition et, avec elle, la machine-outil. Le tour parallèle de Maudsley, inventé en 1794, était la première de ces machines-outils qui ont été les mères des métiers mécaniques et autres machines de différents genres employées dans

l'industrie et ailleurs. Depuis ce jour, l'usage de la machine n'a fait que s'étendre, et a imprimé un caractère spécial à l'industrie. La machine coûte cher. Il faut disposer de capitaux importants pour l'acheter. On est conduit à grouper des machines dans de grands ateliers pour utiliser convenablement la puissance de la machine à vapeur, et les travaux faits à l'aide de ce matériel exigent en outre une préparation technique considérable, études, dessins, etc. Enfin, il faut des hommes pour conduire ces machines et en tirer tout le parti possible. Voilà donc les trois éléments principaux de l'industrie moderne appelés à collaborer pour l'utilisation de cet outillage nouveau. Comment cette collaboration s'est-elle établie ? Il faut bien le dire, cela s'est fait un peu au hasard, et il en est résulté une situation qu'on a appelée *le machinisme*, nom qui n'inspire aucune sympathie. La machine était achetée par un homme qui ne la connaissait que très imparfaitement ; elle lui était vendue avec l'affirmation qu'elle pouvait être mise entre les mains du premier venu, et les techniciens eux-mêmes, acceptant ce dire, ne se préoccupaient guère de la façon dont elle serait employée. L'ouvrier, ou plutôt l'homme sans aucune formation qui devait « servir » cette machine, se débrouillait avec elle comme il le pouvait. La machine et non l'homme paraissait devoir commander à l'atelier. On a même cru, par une aberration incroyable, pouvoir se dispenser, à l'avenir, de former des apprentis, alors que la création et l'entretien de la machine-outil demandaient, à eux seuls, que le nombre des ouvriers habiles fût plus considérable que jamais ; d'autant plus que c'est dans leurs rangs que devaient se recruter les cadres de plus en plus nombreux de l'usine.

Le débrouillage.

L'industrie ne réagissait pas avec assez d'énergie contre cette situation. Néanmoins, les usines s'organisaient, tant bien que mal, d'une façon qui, sans être irréprochable, suffisait à leurs premiers besoins. Il en est résulté un type d'organisation qu'on peut appeler *le débrouillage*, encore très répandu dans l'industrie, et

reposant toujours sur la conception de l'homme exceptionnel suffisant à tout par son action personnelle, jusqu'à ce qu'il soit débordé. Mais, quand l'homme exceptionnel est industriel, il ne cherche pas à s'appuyer sur des règlements pour accomplir sa tâche. Sa tendance est de se décharger d'une partie de son travail sur un certain nombre d'hommes qui sont, eux aussi, considérés comme des hommes exceptionnels, ayant, chacun dans sa sphère, une autorité absolue. De là découle une organisation simplifiée, qui revêt, au moins quelquefois, un aspect séduisant parce qu'elle respire l'activité, mais présentant aussi de grands inconvénients. On demande à tous ceux qui en font partie de posséder les qualités de l'artisan tel qu'il existait chez nous il y a deux cents ans, objet d'une grande admiration qu'il méritait et qui ne s'est pas encore effacée. Cet artisan était, dans son genre, le type de l'homme exceptionnel et universel. On lui attribuait une intelligence et une habileté extraordinaires, lui permettant de concevoir et d'exécuter tous les travaux, de surmonter toutes les difficultés, et même de pénétrer tous les secrets de la nature. Mais, comme il consacrait la plus grande partie de son temps à des travaux de préparation et de dégrossissage pour lesquels son habileté était tout à fait inutile, il se donnait beaucoup de mal pour produire très peu, et c'est encore le résultat qu'on obtient quand on veut le faire revivre sans changement dans l'atelier moderne.

L'organisation reposant sur le débrouillage comporte une filière hiérarchique assurant la transmission des ordres, mais insuffisante pour coordonner les efforts, pour développer ou même utiliser les compétences et les initiatives. Elle est faite de compartiments séparés. Dans ces compartiments, on trouve des hommes d'une certaine valeur, auxquels est imposé un travail généralement excessif, mais d'un mauvais rendement, car, bien que leurs efforts doivent concourir au même but, ils ne se connaissent pour ainsi dire pas ; ils dirigent de petits services complets comportant des sous-services dont les éléments sont trop rudimentaires et trop isolés pour être efficaces, emploient pour obtenir un même résultat des moyens différents, quand ils

auraient intérêt à faire usage seulement de celui de ces moyens qui présente une supériorité réelle, et font, sans le savoir, en pure perte, les mêmes travaux ; ils ignorent les ressources de différents genres qui pourraient être mises à leur disposition, et se renferment souvent dans une pratique très étroite. Le bureau des études travaille sans avoir une connaissance assez complète des moyens qui seront employés pour la réalisation de ses conceptions ; ses dessins ne permettant pas d'exécuter le travail sans hésitation, économiquement, en utilisant au mieux l'outillage, il ne lui est pas possible d'évaluer exactement la dépense qui résultera de leur exécution. L'atelier suppléant aux indications insuffisantes qu'il reçoit du bureau des études, complète les dessins et fait les extraits nécessaires à leur mise en œuvre, libelle les commandes de matières, ou complète les libellés des commandes, fait la répartition du travail, tranche les questions d'outillage, vérifie le travail après exécution, fixe le salaire de l'ouvrier, maintient la discipline, embauche, renvoie, etc., etc. Le chef, que ce soit le chef de l'atelier ou le contremaître, se tire *comme il peut* de sa tâche écrasante, car il ne possède, en ce qui concerne son propre outillage, que la documentation rudimentaire recueillie au cours du travail — documentation enfouie dans des carnets difficiles à consulter, et toujours exposée à disparaître sans laisser de trace ; il travaille par à-coups ; il est toujours plus ou moins affolé. Aucune organisation méthodique ne vient à son secours pour lui permettre d'assurer la bonne distribution du travail, la bonne utilisation des machines-outils ; pour l'aider à faire usage des meilleurs procédés d'exécution, à former le personnel, etc., etc. Il n'est ni guidé ni secondé. Telle est l'organisation industrielle du débrouillage. Si elle impose au chef une tâche inutilement lourde, elle n'est pas plus favorable à l'ouvrier, qui irrégulièrement approvisionné de travail, insuffisamment guidé, produit peu. De cette faible production résultent la plupart des difficultés auxquelles donne lieu la question salaire.

Nous nous sommes étendus un peu longuement sur le « débrouillage » parce que pour beaucoup de personnes il repré-

sente l'organisation industrielle. Ce type d'organisation est certainement plus productif que l'organisation des administrations, mais, malgré la sympathie qu'il inspire encore, il ne faudrait pas laisser croire qu'industrialiser les « Administrations » de l'État puisse consister à conduire les grands services publics à l'aide de cette méthode trop rudimentaire, ce serait tomber d'un excès dans l'autre. Le débrouillage est du reste bien loin de donner satisfaction dans l'industrie. Pour qu'on puisse s'en rendre compte, nous donnerons sur ce point quelques précisions.

LES OPÉRATIONS FONDAMENTALES EN INDUSTRIE.

Conception, réalisation et production. — Avant de fabriquer, il est indispensable de concevoir nettement des objets répondant à un besoin ; on doit ensuite en faire des réalités, et les amener au degré de perfection compatible avec les moyens dont on peut faire usage ; il faut enfin mettre ces objets à la disposition du public en quantités plus ou moins grandes. L'importance relative de la place occupée dans les travaux de l'industrie par la *conception*, la *réalisation* et la *production*, peut servir à caractériser les différentes étapes de son développement. Les conceptions de l'artisan primitif, généralement simples, n'étaient suivies que de réalisations grossières et imparfaites. Puis, l'habileté de l'artisan se développant, ses conceptions sont devenues hardies, et ont mérité le nom d'invention. Elles ont été réalisées, souvent, avec une perfection remarquable, mais elles ne l'ont été qu'en petit nombre d'exemplaires et à un prix très élevé. Enfin, avec le désir d'obtenir ces objets économiquement et par grandes quantités, est venue l'ère de la production qui caractérise l'industrie moderne, et c'est un fait sur lequel il est très important d'insister, car le problème de la production, consistant à mettre les commodités de la vie à la disposition du plus grand nombre et au prix le plus bas se pose aujourd'hui d'une façon impérieuse.

Pour préciser, nous aurons recours à quelques exemples.

Celui de l'*automobile* est particulièrement typique. L'inven-

tion, c'est-à-dire la conception bien nette de l'utilisation d'un moteur à explosion pour la propulsion d'un véhicule circulant sur route est essentiellement française ; le premier exemplaire fonctionnant passablement a été établi par un ingénieur français. La mise au point de cette voiture et l'étude des conditions à remplir pour qu'il soit possible d'en construire d'autres à volonté, constitue à proprement parler, la réalisation. Dans le cas particulier, la réalisation s'est faite en France et a été conduite très bien et très rapidement. Les premiers produits, livrés au commerce, ont donné des résultats tels qu'ils ont attiré l'attention du monde entier et les pays étrangers, même l'Angleterre et l'Amérique, s'efforçant de réaliser des véhicules semblables, n'ont pu le faire qu'au bout de plusieurs années. Pour y arriver, les industriels de ces pays ont dû commander en France un grand nombre des pièces brutes qui leur étaient nécessaires, cylindres, aciers pour engrenages, pièces moulées en aluminium, etc.

Puis s'est posé le problème de la production, consistant à satisfaire l'énorme demande mondiale. Cette fois, nous nous sommes laissés dépasser, comme nous l'avons généralement fait en pareille matière, surtout par les Américains, s'attachant à perfectionner la construction d'un seul modèle comme l'a fait Ford, mais consacrant à l'étude de chaque détail une somme de travail dont nous avons encore peine à nous représenter toute l'importance et arrivant à produire par jour 3.000 à 4.000 voitures fonctionnant bien et d'un prix modique.

L'invention et la réalisation.

Les *inventions* françaises sont innombrables, personne ne le conteste, mais bien peu de ces inventions ont franchi, dan leur pays d'origine, l'étape de la réalisation.

Réalisation rapide. Réalisation laborieuse. — La réalisation peut affecter deux formes distinctes : elle peut être rapide, ou au contraire laborieuse, c'est-à-dire demander un temps fort long et des dépenses considérables. *La réalisation rapide*, dans

laquelle les difficultés sont surtout vaincues grâce à une grande dépense d'ingéniosité, est notre fort. Mais nous n'entreprenons généralement pas *la réalisation laborieuse*, celle qui exige un travail minutieux ou des recherches pouvant durer plusieurs années. Si l'inventeur s'y acharne il n'est soutenu par personne et se ruine presque toujours.

Le métier Jacquard, invention admirable, a pu être réalisé par des moyens relativement simples, et s'est développé rapidement.

La machine à coudre est aussi une invention française, puisque la première est due à Thimonnier d'Amplepuis (Rhône) qui l'inventa de toutes pièces en 1825. Mais elle ne s'est pas développée chez nous. Elle nous est revenue d'Amérique, réinventée, et ayant subi une mise au point merveilleuse, permettant d'en faire la construction par énormes quantités, de la mettre entre les mains des ménagères de tous les pays, pratiquement inusable, constituée de pièces tout à fait interchangeables.

Pour la machine à écrire, il en est absolument de même. La première a été inventée par un Français, Xavier Progin, en 1833. Puis un autre Français, Foucault, en 1842, en inventait une autre beaucoup plus voisine de la machine que nous connaissons tous, avec avancement automatique. C'est même à cette occasion qu'il est fait mention, pour la première fois, de copies obtenues à l'aide du papier carbone. Mais, là aussi, une mise au point d'une importance exceptionnelle était indispensable pour qu'il fût possible de mettre entre toutes les mains une machine pratiquement indéréglable et inusable et c'est encore l'Amérique qui l'a faite.

Nous pourrions encore citer les appareils de photographies, inventés en France, et construits par millions d'exemplaires avec une très grande perfection dans les usines de Rochester, Massachusetts, etc., etc.

Le problème de la production.

Production en série ou par unités. — L'élément « Production » est facile à mettre en évidence quand il s'agit du travail en série,

parce qu'il peut être chiffré par un certain nombre d'objets bien définis et par un prix de vente connu de tout le monde. Quand il s'agit de travaux variés, tels que la construction de machines motrices de diverses puissances, dont on met en fabrication tout au plus quelques unités à la fois, ou de machines-outils dont le marché est limité, il est plus difficile d'en faire ressortir l'importance parce que le rendement de l'atelier et le prix de revient ne peuvent pas être chiffrés aussi facilement. Quoi qu'il en soit, cette importance est tout aussi grande dans les deux cas, et les moyens à employer pour obtenir une bonne production, qu'il s'agisse ou non de travail en série, ne sont pas si différents qu'on pourrait le croire.

La production en série.

Les préjugés. — Nous avons, en ce qui concerne le travail en série, un certain nombre de préjugés. Nous admettons volontiers qu'il ne peut donner que des résultats imparfaits, des produits communs ; qu'il introduit dans l'atelier un machinisme inconscient ; qu'il exige une organisation enfermant chacun dans une spécialisation étroite, dans laquelle, personne n'ayant plus à chercher, l'intérêt dans le travail n'existe plus ; qu'il est incompatible avec la réalisation d'idées nouvelles, et par conséquent avec le progrès. C'est un cliché dont on fait usage à chaque instant avec un automatisme digne de la machine à répétition la mieux spécialisée.

Quand on se rend compte que, sans le travail en série, nous ne connaîtrions la machine à coudre, la machine à écrire, le télégraphe, le téléphone, etc., etc., etc., que par les modèles plus ou moins rudimentaires créés par les inventeurs et exposés dans les musées à côté de l'automate de Vaucanson, il est difficile de prétendre que ce mode de production constitue une barrière au progrès.

La série et la coordination des efforts. — Il est vrai que la fabrication en série de ces machines ou appareils, comportant une très grande division du travail et des opérations multiples

qu'il faut régler et équilibrer parfaitement en vue de la meilleure utilisation d'un outillage considérable et d'un personnel nombreux ne peut se contenter de l'application pure et simple du débrouillage. Elle a donné naissance à une organisation beaucoup plus développée marquant une étape dans le développement de l'industrie. On a reproché à cette organisation de pratiquer une spécialisation étroite, de manquer de souplesse, d'être trop administrative, d'avoir une tendance à la mégalomanie et d'être exposée à la surproduction. Nul doute que les méthodes qu'elle emploie doivent être perfectionnées, mais le principe lui-même ne doit pas être abandonné.

La série et la perfection dans l'exécution. — On doit constater en effet qu'en organisant le travail en série, on a poursuiv constamment la recherche de la perfection de plus en plus grande dans l'exécution des moindres détails, avec une grande patience, non seulement en faisant appel à la collaboration du personnel, mais aussi en utilisant les ressources de la science et en ne reculant, dans ce but, devant aucune dépense.

La série et l'invention. — Ce n'est pas l'atelier de production en série qui doit imaginer ou réaliser des modèles nouveaux. Il doit se consacrer à la production d'un objet bien défini, en s'appliquant constamment à le perfectionner dans tous ses détails. Dans cet atelier, l'invention doit se porter entièrement sur les moyens à employer pour produire aussi parfaitement, aussi vite, et aussi économiquement que possible. Cela constitue un domaine énorme qui s'étend depuis les soins à prendre pour la réussite des opérations les plus simples ; le rassemblement d'une documentation précise sur les éléments du travail, l'emploi des outils, les moyens de contrôle, les tolérances, l'interchangeabilité, la standardisation de l'outillage et de tous les accessoires, tels que les boulons, les vis, etc., etc., jusqu'à la création de machines spéciales plus ou moins importantes, imaginées et construites, très souvent, par les usines qui en font usage.

L'entraînement dans la recherche des moyens à employer pour obtenir une production en série intensive, économique et aussi parfaite que possible, permet, du reste d'arriver plus facilement

et plus rapidement à cette même perfection pour des fabrications analogues.

La série et les industries d'Art. — Dans notre prévention à l'égard du travail en série, nous sommes généralement dominés par l'idée qu'il est incompatible avec les industries artistiques, pour lesquelles nous avons des aptitudes spéciales universellement reconnues, et nous craignons que le voisinage même d'ateliers travaillant en série compromette l'existence de ces industries d'Art. Il est bien certain que les travaux artistiques proprement dits, ne peuvent pas être faits en série et que l'ouvrier artiste doit conserver une grande individualité. Tous les bons esprits le reconnaissent, mais je n'ai jamais rencontré à ce sujet, une opinion plus nette et plus précise que celle que Taylor lui-même a exprimée devant moi, s'adressant à un artiste qui le croyait bien étranger aux choses de l'art : « Vous faites de l'art, dit-il, vous êtes donc de ceux qui doivent apprendre à se libérer d'habitudes machinales oû d'une habileté purement manuelle, pour rester constamment sincères dans leurs interprétations » ; c'est une leçon dont bien des artistes pourraient faire leur profit.

Du reste, si l'usage de la machine ou de la fabrication en série doit exercer une influence sur le travail de l'artisan ou de l'ouvrier d'art, ce n'est pas en poussant celui-ci à travailler machinalement ou à travailler en série, mais en le faisant bénéficier, tout le premier, de ressources nouvelles, ne fût-ce que pour faciliter la préparation de son travail. Le travail en série doit lui donner les outils les plus parfaits, au point de vue de la forme ou de la qualité, ainsi que tous les accessoires dont il a constamment besoin et qu'il devait autrefois faire lui-même. C'est un ordre d'idées qui a été développé dernièrement devant des ouvriers d'art par les autorités les plus compétentes.

Mais on ne doit pas oublier que les travaux ayant un caractère plus ou moins artistique, ne représentent, même chez nous, qu'une faible partie des opérations de l'industrie et qu'il est de la plus grande importance que nous ne soyons plus tributaires de l'étranger, comme nous le sommes actuellement, pour un très grand nombre de produits purement industriels, machines, appa-

reils ou objets inséparables de notre civilisation, dont nous ne pouvons nous passer, mais que nous ne pouvons continuer à acheter à des prix exorbitants.

Le travail en série, répondant à un besoin réel, doit être pris en très sérieuse considération et nous devons nous intéresser tout particulièrement aux progrès qu'une organisation méthodique peut lui faire réaliser en ce qui concerne l'acquisition de plus de souplesse, d'une plus grande facilité d'adaptation, de la meilleure utilisation des compétences.

La production par unités.

S'il est déjà nécessaire de perfectionner par l'emploi de méthodes nouvelles les organisations plus ou moins complètes auxquels les travaux en série ont donné naissance, le besoin s'en fait encore bien plus sentir pour l'organisation des usines dans lesquelles les travaux ne sont pas faits en série, et ceci est de la plus grande importance, car, la production en grande série, malgré la place qu'elle occupe dans les travaux de l'industrie, n'en constitue pas la plus grande partie. L'étude méthodique des moyens à employer pour l'exécution de toute tâche bien définie à l'avance, présente un très grand intérêt et là aussi, le débrouillage individuel ne suffit pas pour obtenir le meilleur rendement de l'atelier, la plus grande perfection dans le travail et le prix de revient le moins élevé.

Les Américains eux-mêmes reconnaissent que c'est du côté de la production par unités que l'industrie a le plus à apprendre et le plus à gagner. Les travaux en plus ou moins grandes séries, quand ils ne sont pas conduits très méthodiquement, peuvent ne pas atteindre le meilleur rendement et rester exposés à donner des produits de moins en moins bons, si on ne s'attache pas constamment à la recherche de cette perfection dans le détail dont nous avons parlé, mais ils atteignent généralement, à la longue, un état d'équilibre plus ou moins satisfaisant. Tandis que ceux de la seconde catégorie ne s'arrangent jamais tout seuls et ne peuvent être faits économiquement sans une préparation impor-

tante qu'on perd facilement de vue. Nous verrons que cette préparation vaut la peine d'être entreprise.

Les laboratoires.

Ce sont les fabrications plus ou moins spécialisées en vue de la production qui ont motivé la création de ces laboratoires bien équipés que l'on rencontre maintenant dans les usines importantes, mais qui n'occupent pas toujours chez nous la place qu'ils devraient avoir ; trop souvent considérés comme des objets de luxe, comme une surcharge des frais généraux. On a reproché à ces laboratoires d'usines de s'égarer en portant leurs efforts sur des buts trop peu importants ou de ne faire aboutir leurs recherches que très lentement parce qu'elles étaient conduites sans discernement, lourdement. Ce sont des reproches qui ont pu être mérités et auxquels l'organisation méthodique du travail doit porter remède, mais c'est justement de ce côté que nous devons retrouver l'avantage de nos qualités de débrouillards pour arriver plus rapidement au but, et il serait déplorable de nous priver des moyens de l'atteindre.

Nécessité d'une orientation nouvelle.

Si nous nous reportons à quarante ans en arrière, nous nous trouvons donc en présence d'une industrie déjà très développée, aux prises avec de grandes difficultés. Elle ne connaît pas bien l'outillage qu'elle emploie et n'en tire pas tout le parti qu'elle devrait, elle en est pour ainsi dire l'esclave ; elle ne recrute pas convenablement son personnel et ne le forme pas ; l'instabilité dans le travail et le règlement des salaires donnent lieu à de nombreuses contestations ; elle ne profite pas de toutes les ressources que la science ou la technique pourraient mettre à sa disposition et ne fait pas ce qu'elle devrait pour développer cette dernière ; elle est cachottière et individualiste ; elle sent que sa production est insuffisante et qu'il lui est indispensable de la développer ; elle se demande si elle doit se laisser absorber entièrement par le travail en série et le type d'organisation qui en découle, qu'elle sait manquer de souplesse, et cette perspective l'effraye beaucoup. (*A suivre.*)

Note complémentaire sur une machine parlante sans contact glissant,

Par M. G. VALENSI,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

L'oscillographe décrit dans l'article paru sous ce titre dans le numéro de février 1923 (pages 249 à 253) a été mentionné pour la première fois par M. Johannès dans deux articles de la Revue Générale d'Électricité, du 14 juin 1919 et du 29 mai 1920. Cet oscillographe a fait l'objet d'un brevet déposé par les Établissements Pilon, le 4 novembre 1919.

Le même principe a été appliqué d'autre part par M. Alfred Dean en Angleterre dans un ondoscope destiné surtout à l'étude des bobines d'induction donnant une longueur d'étincelle comprise entre 25 et 30 centimètres.

Au lieu d'employer cet oscillographe « à lumière négative », on pourrait utiliser un oscillographe Blondel ordinaire après lui avoir fait subir les modifications suivantes. Le miroir fixé sur l'équipage étant un rectangle très léger, mince et allongé, on l'éclaire par une lampe à long filament rectiligne du genre de celles qu'on emploie pour obtenir des spots lumineux de galvanomètre à miroir. Au lieu d'un point lumineux, on obtiendra de cette manière un trait mince lumineux t qu'on fera tomber sur un écran opaque portant une zone transparente conforme à la figure 1, c'est-à-dire limitée par deux axes rectangulaires OX OY, et par une portion de courbe C, ayant pour équation :

$$y = a + b \text{ arc tang } cx$$

a, b, c, étant trois constantes de valeurs appropriées.

Sur la figure 1, l'écran opaque a été rabattu horizontalement sur le plan décrit par le rayon lumineux du point inférieur du miroir m de l'oscillographe lorsque le miroir m tourne autour de

son axe sous l'influence du courant électrique à analyser. Il est clair que dans ces conditions, le trait lumineux *t* a, à tout instant, une longueur proportionnelle à l'intensité du courant ondulé qui alimente l'équipage de l'oscillographe Blondel, comme la gaine de lumière cathodique de l'oscillographe à « lumière négative.

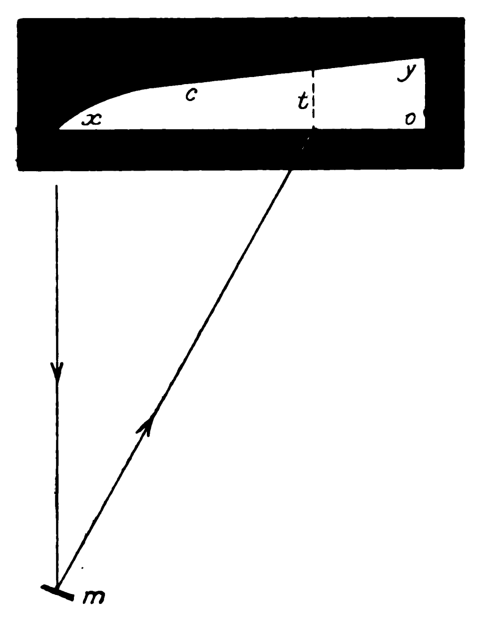


Fig. 1.

On pourrait également obtenir le film photographique de la voix ayant l'aspect voulu en utilisant un oscillographe cathodique pour courant de haute fréquence : oscillographe Dufour à pellicule photographique dans le vide, oscillographe Western Electric à basse tension et à écran fluorescent, ou tout autre tube de Braun analogue.

Voici comment l'on procède. On module un courant de haute fréquence, provenant par exemple d'un générateur à lampes à trois électrodes, au moyen d'un courant vocal obtenu par un microphone (A — figure 2). Le courant modulé a la forme B de la figure 2. Si l'on déroule le film photographique dans l'oscillo-

graphe Dufour avec une vitesse convenable, ou si l'on photographie l'écran fluorescent de l'oscillographe Western au moyen d'un film déroulé avec une vitesse convenable, les différentes sinuosités du courant de haute fréquence se souderont les unes aux autres de manière à donner un oscillogramme blanc et gris foncé ayant l'aspect C de la figure 2, sur lequel les fluctuations de la parole se lisent bien, mais où toutes les fluctuations de haute fréquence sont illisibles et se traduisent simplement par une teinte uniforme gris foncé.

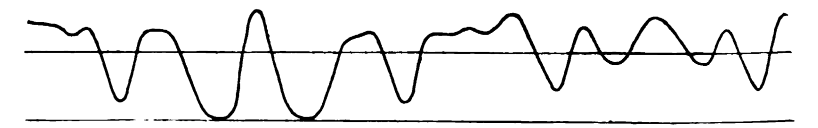


Fig. 2-A. — Courant vocal.

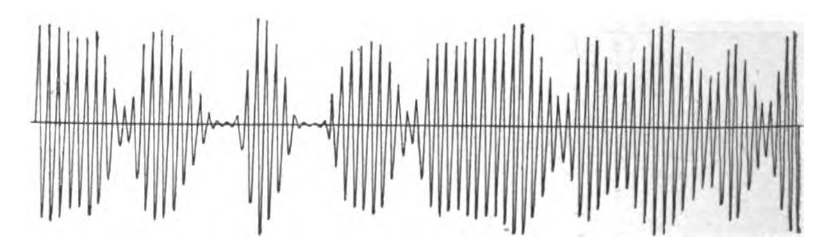


Fig. 2-B. — Courant de haute fréquence modulé par la voix.

On peut encore utiliser un oscillographe ordinaire (par exemple l'oscillographe Blondel) donnant sur film photographique une ligne sinueuse noire sur fond blanc dont le tracé correspond à l'onde acoustique à reproduire. Par des procédés de photogravure au trait, on peut obtenir avec ce film photographique une denture opaque ayant rigoureusement le même contour que cette ligne sinueuse.

Voici comment on procède : on sensibilise, avec de l'albumine ou de la colle bichromatée, sur ses 2 faces, un ruban mince de métal (par exemple zinc ou fer). On sèche à la chaleur. On expose ensuite à une lumière vive, sur ses deux faces à la fois, ce ruban sensibilisé, après l'avoir recouvert, sur une de ses

faces, par le film photographique portant le trait sinueux tracé par l'oscillographe. La colle bichromatée devient, sous l'action de la lumière, insoluble dans l'eau sur toute la surface du ruban métallique sauf le long de cette ligne sinueuse. On lave dans une solution aqueuse de substance colorante appropriée, bien connue des photograveurs. On cuit l'émail coloré obtenu et l'on dispose

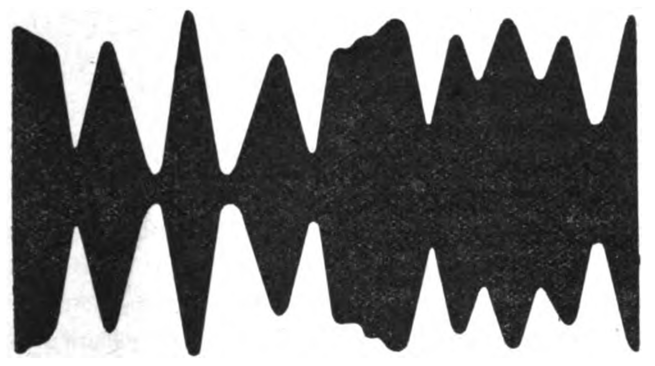


Fig. 2-C. — Oscillogramme obtenu.

finalement d'un ruban métallique complètement émaillé sauf suivant une mince ligne sinueuse. En mordant ce ruban à l'acide, on le découpe suivant cette ligne et chacune des parties obtenues peut être employée pour la reproduction des sons. A cet effet, ou bien on utilise un électro-aimant dans l'entrefer duquel passe la denture métallique supposée découpée dans un ruban de fer, ou bien on fait défiler le ruban découpé (en substance quelconque : zinc ou fer par exemple) devant une fente lumineuse brillante placée en regard d'une cellule photoélectrique au potassium : cette cellule photoélectrique engendre un courant électrique proportionnel à l'énergie lumineuse qu'elle reçoit. En amplifiant convenablement ce courant, on reproduira fidèlement le courant microphonique initial.

Service d'Études et de Recherches Techniques
DE L'ADMINISTRATION DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

Télégraphie à haute fréquence.

Dans le numéro de septembre-octobre 1922 (p. 1.107), les *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* ont mentionné des essais de téléphonie à haute fréquence sur un circuit Amiens-Boulogne-sur-Mer, et au cours desquels deux conversations à haute fréquence ont été superposées à une conversation ordinaire.

Ces essais ont été répétés, avec le même succès sur un circuit Lille-Boulogne-sur-Mer.

Étendant à la télégraphie ce système multiplex, le Service d'Études vient de procéder à de nouvelles expériences, au cours desquelles un Baudot quadruple a fonctionné, sur ce dernier circuit, de façon parfaite.

La description des dispositifs employés sera donnée dès que ces expériences, qui se poursuivent actuellement, auront permis de déterminer le nombre total de communication simultanées, télégraphiques et téléphoniques, susceptibles d'utiliser un même circuit sans se gêner mutuellement.

REVUE DES PÉRIODIQUES

PÉRIODIQUES EN LANGUE FRANÇAISE

Le Génie civil (*La radiotéléphonie et la réception des concerts par T.S.F. postes récepteurs radiotéléphoniques* : mars 1923). — Parmi les nombreuses études publiées sur la téléphonie sans fil et les radio-concerts, celle qu'a donnée M. Jacques Lynn dans *le Génie civil* des 3, 10, 17 et 24 mars 1923 est certainement l'une des plus complètes et des plus intéressantes. Après avoir constaté les importants progrès réalisés en radiotéléphonie, l'auteur a montré, dans une 1re partie de son étude, comment le mécanisme différait de celui de la télégraphie sans fil et pourquoi sa réalisation imposait l'adoption des ondes entretenues.

En suivant celles-ci, de l'émission jusqu'à la réception, l'auteur indique le rôle important des lampes triodes comme générateurs modulateurs, amplificateurs et détecteurs. Il donne sur les postes émetteurs des indications qui en précisent la composition, en appuyant ces renseignements d'exemples qui permettent de différencier les caractéristiques données aux postes de « Broadcasting » en fonctionnement dans les Iles Britanniques et aux postes émetteurs français.

M. Lynn laisse percer, malgré la rareté des appareils récepteurs français couvrant la gamme des petites longueurs d'onde, la prédilection que celles-ci lui inspirent et le désir qu'il ressent de voir apparaître sur le marché des appareils mieux conçus pour leur réception ; c'est aux récepteurs existants qu'il emprunte nécessairement les exemples dont il émaille ses descriptions et il arrive, sans formules ni notions transcendantes, à se faire comprendre assez nettement de ses lecteurs.

Les machines automatiques à affranchir en Nouvelle-Zélande (*L'Union postale* : février 1923). — Les machines auto-

matiques employées par l'Administration des Postes de la Nouvelle-Zélande pour l'affranchissement des correspondances sont, à l'exception des coins, la propriété d'une compagnie privée. Ces machines peuvent être fixées sur une table de bureau. Trois opérations sont nécessaires pour obtenir une impression : l'insertion de l'objet à affranchir dans une ouverture pratiquée à la base de la machine, la mise au point des cadrans indicateurs et la manœuvre d'une manivelle. La valeur de chaque empreinte est indiquée automatiquement sur les cadrans. Les valeurs s'accumulent jusqu'à un total de 10.000 francs. A ce moment, les indicateurs reviennent automatiquement à zéro, mais le calcul ne s'arrête pas. Un mécanisme supplémentaire, seulement accessible aux fonctionnaires spécialement désignés par l'Administration mais qui peut être montré au possesseur de la machine, permet, en effet, une vérification indépendante pour un total beaucoup plus élevé. Le principe est à peu près identique à celui des compteurs pour le gaz ou l'électricité.

Toutes les machines livrées doivent, avant de quitter l'usine de la Compagnie, être complètement essayées par un agent spécial de l'Administration des Postes et des Télégraphes, et les cadrans indicateurs ramenés à zéro, les machines étant ensuite fermées et scellées. Les clefs de chaque machine sont remises par la Compagnie au receveur principal du district postal dans lequel réside le concessionnaire.

Tout concessionnaire d'une machine doit, avant que le fonctionnement de celle-ci soit autorisé, déposer entre les mains du Postmaster General une somme égale à l'affranchissement moyen pour une semaine. Mais, en aucun cas, la somme déposée ne peut être inférieure à 1 livre sterling.

Toutes les dépenses résultant de la fabrication des machines et de la confection des coins sont supportées par la Compagnie.

La gravure des coins est faite sous le contrôle d'un fonctionnaire de l'Administration des Postes et des Télégraphes.

Actuellement, 600 machines de ce genre sont employées chaque jour en Nouvelle-Zélande.

PÉRIODIQUES EN LANGUES ÉTRANGÈRES

Quelques problèmes de téléphonie sans fil (G. W. O. Howe, *The Electrician* : 9 mars 1923). — Sur un circuit téléphonique du type le plus simple, le courant débité par la batterie passe dans le microphone, suit l'un des fils, traverse les électros du récepteur et revient en suivant le deuxième fil de ligne ; le courant ayant au départ un potentiel plus élevé qu'au retour, il y a un écoulement continu d'énergie entre le poste transmetteur et le poste récepteur ; l'énergie est représentée *en cours de route* par les champs magnétiques et électriques produits entre les deux fils et autour de ceux-ci. En parlant devant le microphone, on fait varier, on module le passage de l'énergie allant de la batterie sur la ligne, puis vers le récepteur téléphonique.

Si les fils de la ligne et des électro-aimants pouvaient être réellement des conducteurs parfaits, il n'y aurait aucune différence de potentiel entre les fils de la ligne et aucune énergie ne serait transmise, malgré que le courant continuerait à circuler et à modifier la force d'attraction exercée sur le diaphragme par les électro-aimants. Une diminution de la résistance du microphone se traduirait par un accroissement du courant et, par suite, par une augmentation de l'intensité du champ magnétique du récepteur téléphonique ; en raison de la self des conducteurs et du récepteur, il y aurait nécessairement une différence de potentiel entre les fils de la ligne, et transmission de l'énergie tant que l'intensité du courant irait en augmentant.

Au cas où l'intensité du courant serait rendue plus faible, la différence de potentiel changerait de sens et le récepteur fonctionnerait comme générateur ; il renverrait alors vers le microphone une partie de l'énergie de son champ magnétique. Il en résulte que dans le cas d'un circuit téléphonique simple, de conductibilité parfaite, la transmission continue de l'énergie n'est pas essentielle pour la téléphonie ; elle n'est indispensable qu'en raison des imperfections du système. La mise en circuit d'un transformateur — d'une *bobine d'induction*, comme les ingénieurs des téléphones préfèrent l'appeler — entre le microphone et la ligne, produit le même résul-

tat que la ligne idéale de résistance nulle en ce qui concerne le régime permanent.

Une analogie radiotéléphonique. — Le système radiotéléphonique ordinaire ressemble au système de téléphonie par fils de ligne en ce sens qu'on entretient le passage de l'énergie en faisant varier, en modulant le courant au moyen du microphone. Il n'est pas tout à fait exact de dire que le passage du courant est permanent parce que l'énergie rayonnée par l'antenne est produite par un courant alternatif, dont la fréquence dans le cas du broadcasting est de l'ordre d'un million, c'est-à-dire que l'énergie est réellement pulsatoire, et qu'il y a environ deux millions de pulsations par seconde. En parlant devant le microphone, on fait varier l'amplitude du courant d'antenne et en même temps la grandeur des pulsations de l'énergie rayonnée. Les courants engendrés dans le récepteur suivront les mêmes variations d'amplitude; redressés, ils feront varier, en proportion, la force d'attraction appliquée au diaphragme du récepteur.

Les expériences récentes de radiotéléphonie transatlantique. — Toutefois, au cours des récentes expériences de radiotéléphonie transatlantique, le courant à haute fréquence modulé passait dans un filtre avant d'être appliqué à l'antenne émettrice. Par ce moyen, on supprimait toutes ses composantes ayant une fréquence supérieure à une fréquence donnée. Appelons f_r la fréquence radiotéléphonique et f_t la fréquence téléphonique superposée à la première. On démontre facilement que l'onde résultante, de fréquence constante et d'amplitude variable, peut être décomposée en trois ondes ayant une amplitude constante mais une fréquence différente, à savoir :

une onde ayant la fréquence initiale f_r ;
une onde ayant une fréquence plus faible $f_r - f_t$;
une onde ayant une fréquence plus élevée $f_r + f_t$.

Chacune des composantes des sons parlés sera représentée par trois composantes de ce genre, leur f_t dépendant, pour chacune d'elle, de la fréquence de la composante des ondes vocales. Si l'on se borne à supprimer, à l'aide du filtre, la composante f_r et à transmettre les composantes de la fréquence supérieure $f_r + f_t$ et de la

fréquence inférieure f_r — f_t, celles-ci se recombineront pour donner une résultante se rapprochant beaucoup de l'onde originale, c'est-à-dire ayant une fréquence constante f_r et une amplitude variable avec la fréquence f_t, la composante étouffée par le filtre étant due à ce que la modulation n'était pas complète. Toutefois, au cours des expériences récentes, les composantes f_r et f_t étaient aussi étouffées par les filtres, et seules étaient transmises dans l'antenne et rayonnées les *bandes de composantes* comprenant les composantes basse-fréquence du type f_r — f_t.

Une hétérodyne locale est nécessaire. — Il est donc nécessaire d'ajouter quelque chose aux courants d'arrivée pour qu'ils puissent reproduire exactement les sons parlés. Si, au poste de réception, on pouvait leur ajouter les composantes complémentaires de l'autre bande, on obtiendrait évidemment une onde ayant même forme que l'onde initiale, mais la chose est difficilement réalisable. Si, au moyen d'une hétérodyne locale, on ajoute une oscillation constante de fréquence f_r, on obtient une oscillation H. F. résultante, dont la fréquence est intermédiaire entre f_r et f_r — f_t, et dont l'amplitude varie comme la moitié de f_t. Ceci sera vrai pour toutes les fréquences des composantes ; il en résulte que si, par un procédé quelconque, on arrive à doubler exactement la fréquence des courants téléphoniques, on obtiendra une réplique des variations imprimées sur le microphone au poste de départ.

Protection des cadres. — Dans une précédente étude, nous avons discuté la question de savoir s'il était vrai de dire que, dans le cas d'antennes, la f. é.-m. est induite par la composante électrique de l'onde, tandis que dans le cas de cadres, elle est due à la composante magnétique de l'onde ; nous avons montré que cette opinion était insoutenable. Il ne s'ensuit pas cependant, qu'il ne convienne pas de considérer l'induction, tantôt d'un certain point de vue, tantôt du point de vue différent. Il arrive parfois, en effet, qu'un phénomène est difficilement explicable si l'on ne pense qu'au champ électrique, tandis qu'il apparaît relativement simple dès que l'on fait entrer en ligne de compte l'influence du champ magnétique. Voici un exemple : on a effectué plusieurs expériences en entourant complètement les côtés verticaux d'un cadre avec des tubes métal-

liques ; si l'on admet que la f. é.-m. est induite dans le cadre par le champ électrique vertical de l'onde qui agit successivement sur les parois verticales du cadre, on peut supposer que les tubes métalliques protègeront contre les effets du champ, le cadre tout entier. Or, on constate qu'il n'en est rien. Si l'on entoure d'un tube les quatre côtés du cadre, en laissant un petit intervalle non protégé, soit en haut, soit en bas, on constate que l'effet protecteur est très faible et que les signaux ne changent guère ; voici quelque chose de difficile à expliquer pour celui qui ne voit que le champ électrique vertical. Or, si nous abordons le problème par une autre face, l'explication est des plus simples. Sous l'effet du passage des ondes, il se produit dans le cadre rectangulaire un flux magnétique alternatif qui induit une f. é.-m. autour du chemin suivi par les ondes, que le cadre soit là ou non. La présence d'autres conducteurs à l'intérieur ou à l'extérieur du cadre ne peut agir sur cette f. é.-m., sauf s'ils donnent naissance à des champs magnétiques qui modifient le flux engendré dans le cadre par les ondes. Si le cadre est entouré complètement d'une gaine métallique, dont les extrémités sont réunies entre elles, le flux magnétique engendré par l'onde traversera encore le cadre et s'il n'existe aucun autre champ magnétique, il y induira la même f. é.-m., mais en même temps il induira aussi une f. é.-m. autour de la gaine métallique ; des courants circuleront autour de cette gaine ; ils produiront à leur tour des champs magnétiques qui, jusqu'à un certain point, traverseront le cadre et tendront à neutraliser l'effet produit par le flux engendré par les ondes. Une pareille gaine fermée protègerait donc le cadre ; mais, la moindre solution de continuité de la gaine, — soit en haut, soit en bas, soit enfin sur les côtés, — empêchera la circulation des courants protecteurs et le flux dû à l'onde sera le seul à induire une f. é.-m. dans le cadre, lequel par conséquent ne se ressentira guère de la présence de l'enveloppe protectrice *presque* complètement fermée.

La Radiotéléphonie transocéanique (*Telephony* : janvier 1923). — A diverses reprises, on avait réussi à transmettre par téléphonie sans fil, à travers l'Atlantique, des signaux isolés, des

phrases ou mots détachés. Les 14 et 15 janvier 1923, pour la première fois, des milliers de mots ont été entendus à 5.500 km. du point où ils étaient prononcés. L'expérience a eu lieu à New-York (États-Unis) et Southgate (Angleterre) ; plusieurs savants, un grand nombre d'ingénieurs, officiers et fonctionnaires anglais ont entendu parler longuement MM. H. B. Thayer et J. J. Carty de l' « American Telephone and Telegraph C° ». La communication n'a fonctionné que dans un seul sens ; on n'avait pas eu le temps de faire venir en Angleterre les appareils nécessaires à l'émission. Mais, les expériences se poursuivent et l'on espère pouvoir établir avant longtemps une liaison radiotéléphonique bilatérale.

Ce sont les perfectionnements apportés récemment aux lampes à vide qui ont rendu possibles ces très intéressantes expériences. Les lampes émettrices sont du type à plaque externe refroidie à l'eau ; chaque lampe peut débiter jusqu'à 10 kilowatts.

L'émission radio se faisait à la puissante station de Rocky Point. Le dernier étage d'amplification comprenait un petit groupe de lampes puissantes montées en parallèle. Grâce à un nouveau système de transmission, l'énergie de 100 kW. appliquée à l'antenne produisait le même effet utile que 300 kW. dans le cas des systèmes employés jusqu'ici. Dans ces derniers, les deux-tiers environ de l'énergie appliquée servent à engendrer des ondes différentes de celles qui propagent le message, ces ondes étant nécessaires à la réception. Le nouveau système supprime les ondes qui ne comprennent pas le message, et, à la réception, on utilise un courant local faible, mais dont la fréquence correspond à celle des ondes supprimées. Pour les expériences en question, cette fréquence était de 55.500, ce qui correspond à une longueur d'onde de 5.400 mètres.

Le nouveau système diffère encore des systèmes habituels à un autre point de vue. Voici comment : un émetteur ordinaire transmet, outre le groupe d'ondes qui ne comprennent pas le message, deux groupes d'ondes porteuses. Dans le nouveau système, un seul groupe est rayonné, ce qui permet d'envoyer simultanément deux fois plus de messages sans risque d'interférence. Pour les grandes longueurs d'onde, cet avantage est spécialement appréciable. C'est en somme le système à courants porteurs perfectionné.

Le poste de départ, situé à New York, était relié à Rocky Point par un circuit de 115 km., construit moitié en câble souterrain, moitié en fil nu aérien ; le circuit comprenait des répéteurs et des compensateurs (« equalizers ») du même type que ceux employés en Amérique sur les lignes téléphoniques à longue distance.

Avant les expériences officielles (nuit du 14 au 15 janvier), on avait procédé à une série d'essais préliminaires en vue de mesurer la transparence de l'atmosphère pour des messages transmis à une aussi grande distance, et de reconnaître quelle intensité devraient avoir les signaux, à leur arrivée à Southgate, pour qu'ils fussent audibles en dépit des parasites et des ondes de brouillage émises par les stations voisines. Dans ce but, on avait fait transmettre d'Amérique un grand nombre de mots détachés : il n'est pas de meilleur critérium. En effet, lorsqu'on parle de façon suivie, le sens de la phrase permet de rétablir facilement les mots déformés ou tronqués. On se propose d'ailleurs de continuer ces essais pendant un temps assez long en vue de recueillir un ensemble de données satisfaisant.

On a reconnu que la réception était meilleure de nuit que de jour : l'intensité des signaux reçus la nuit peut être des centaines de fois (voire même des milliers de fois) plus grande que celle des signaux reçus en plein jour. On peut cependant obtenir une bonne audition dans la journée, mais à condition que les phénomènes d'interférence ne soient pas trop prononcés.

La radiotéléphonie à longue distance ne risque pas de supplanter la téléphonie ordinaire car, dit-on, les ondes radio voyagent sur terre dans de bien moins bonnes conditions que sur mer. Le soleil nuit aux transmissions à longue distance, mais les ingénieurs des téléphones espèrent trouver des appareils qui permettront de correspondre dans de bonnes conditions à toute heure du jour et de la nuit.

La radiotéléphonie favorise la reprise des affaires

(Sir William Noble, *The Electrician :* 30 mars 1923). — Aucune époque n'était plus favorable que celle-ci au lancement du broadcasting. L'industrie électrique et les industries rattachées ont traversé une dure période de crise ; pendant longtemps on a cherché le moyen de les relever. Le broadcasting est enfin venu apporter les

secours impatiemment attendus. Dès le début de l'automne dernier, il était facile de voir que la radiotéléphonie allait remporter un succès sans précédent. Les constructeurs d'appareils électriques n'ont pas été les derniers à s'en rendre compte. On peut en voir la preuve dans le fait qu'il y a un an, leur nombre était des plus réduits ; il ne dépassait certainement pas une vingtaine. Les constructeurs ne comptaient alors parmi leur clientèle qu'un nombre relativement faible d'amateurs enthousiastes. Aujourd'hui plus de 300 maisons de construction ont demandé à faire partie de la « British Broadcasting C° », qui est ouverte aux seuls fabricants *bona fide* de nationalité anglaise. L'an dernier le nombre des licences délivrées aux amateurs était de deux ou trois mille ; ce nombre est passé à 80.000 et il augmente par milliers chaque semaine. A supposer même que le taux actuel de l'accroissement ne continue pas, il est probable qu'avant longtemps le nombre des licences pour poste récepteur atteindra 200.000. Les constructeurs ont donc du travail en perspective.

Une nouvelle industrie. — Le broadcasting a créé une nouvelle industrie ; on voit aisément que ceci agit et réagit sur nombre d'autres industries dépendant toutes plus ou moins l'une de l'autre.

La construction journalière de plusieurs milliers de postes récepteurs entraîne la consommation de quantités importantes des matières premières les plus diverses. L'industrie du bois, le laminage et l'étirage des métaux ont été forcés tout d'un coup d'augmenter leur production. Il faut ajouter à cela, différents articles tels que : accumulateurs, piles sèches, lampes à trois électrodes, etc... qui font obligatoirement partie des installations modernes utilisées à la réception. Toutes les branches de l'industrie électrique se sont trouvées un beau jour en présence de nombreuses commandes qu'elles étaient incapables de servir avec leur organisation actuelle. Il a fallu construire d'urgence de nouveaux ateliers (même de nouvelles fabriques) qu'on a dotés de la machinerie et de l'outillage nécessaires. Les choses n'en resteront pas là ; de plus, il faut prévoir le remplacement après usure du matériel et de l'outillage, la construction d'antennes, la recharge des accumulateurs, etc...

Ce que nous venons de dire suffit à prouver que la nouvelle indus-

trie représente du travail supplémentaire pour les électriciens et les ouvriers des industries rattachées ; elle a contribué à réduire le chômage dans les corps de métier intéressés.

Un exemple fera mieux comprendre l'importance de l'aide apportée à l'industrie électrique par le broadcasting. Pour les ateliers de l'un des fabricants, on a engagé 900 nouveaux techniciens et ouvriers (ingénieurs, dessinateurs, mécaniciens, surveillants, personnel chargé des mesures, manœuvres). Les commandes de bois (d'essences diverses), d'acier pour aimants, de fer, d'acier ordinaire, de cuivre laminé et étiré, de tubes et barres en laiton, d'argent allemand, d'aluminium, de fils de soie et de coton, de papier de Manille, de soudure, de bâtons et de plaques en ébonite, etc... ont afflué dans une telle proportion que les fournisseurs ne sont pas en mesure d'effectuer des livraisons rapides. Les constructeurs de piles sèches et d'accumulateurs sont exactement dans le même cas. Les demandes de matériel pour construction d'antennes (poteaux, conducteurs, isolateurs, etc...) sont aussi très nombreuses.

Les constructeurs se sont organisés pour profiter de l'occasion. En est-il de même pour les détaillants et les fournisseurs de matériel électrique ? Il faut hélas ! répondre par la négative. Au lieu de profiter des avantages et du renom qu'il pourrait retirer de la vogue actuelle de la téléphonie sans fil, maint fournisseur reste dans l'expectative ; pendant ce temps, les bazars, les maisons de nouveautés, les droguistes, les marchands de musique, etc... font des affaires que les fournisseurs de matériel électrique perdent par manque d'initiative et d'esprit de décision.

Essayons de comprendre cette situation étrange. Pourquoi le fournisseur de matériel électrique se laisse-t-il supplanter par d'autres qui jusqu'ici poursuivaient des affaires d'un genre tout différent ? Dans un grand nombre de cas, les fournisseurs ont des bureaux, des magasins, des entrepôts, mais ils n'ont pas de salles de vente avec vitrines. Peut-être pensent-ils qu'ils n'en ont pas besoin. Or, c'est à tort qu'ils négligent ce merveilleux mode de réclame. Une annonce, un simple avis affiché à la vitrine d'un magasin de vente pour informer les passants qu'une audition radiotéléphonique est donnée à l'intérieur de telle heure à telle heure, suffira pour attirer des clients éventuels qui s'empresseront de s'approvisionner non seule-

ment en appareils radiotéléphoniques mais encore en marchandises de toutes sortes mises en vente dans le magasin. Un succès en attire un autre. Les démonstrations réussies provoqueront des ventes qui rendront prospère l'entreprise du fournisseur. La roue de la fortune tournera pour lui dans le même sens qu'en 1920. Un temps précieux a été perdu, mais il n'est pas trop tard pour regagner du terrain. Mais il faut se décider sans perdre une minute et faire vite.

L'intérêt que le public porte actuellement au broadcasting est considérable et presque général. La construction des antennes seule peut devenir une source de bénéfices pour le fournisseur avisé. De même, en ce qui concerne la vente des pièces détachées, des lampes à vide, des batteries, et la recharge des accumulateurs.

Il est impossible de prédire à coup sûr l'extension que le broadcasting pourra prendre dans la suite ; mais, si la « British Broadcasting C° » ajoute aux émissions actuelles la transmission de pièces jouées au Grand Opéra, de conférences scientifiques et populaires, de discours prononcés par des hommes éminents, de concerts vocaux et instrumentaux de premier choix, on trouvera bientôt des postes récepteurs non seulement dans les grandes villes, mais dans les villages et hameaux éloignés des grands centres, dans tous les hôtels, clubs, hôpitaux, etc... Les constructeurs ont su saisir l'occasion de faire de bonnes affaires. Que les fournisseurs et détaillants se hâtent de les imiter.

Le « Broadcasting » en Angleterre ; l'unité reconnue nécessaire (*The Electrician :* 16 mars 1923). — On sait : 1° que tout constructeur anglais d'appareils de T.S.F. (*bona fide* manufacturer) peut devenir membre de la « British Broadcasting C° », à condition de signer un contrat dont l'une des clauses principales stipule que le signataire ne vendra de pièces détachées ni aux détaillants ne faisant pas partie de la Compagnie, ni directement au public ; 2° que le Postmaster General refuse son approbation aux appareils dont le constructeur n'est pas membre de la Broadcasting C°.

A ce propos, deux objections sont soulevées : on dit que ces restrictions sont la ruine des petits fabricants et, d'autre part, que le payement des droits aux inventeurs, dont on utilise les brevets, est l'équivalent de la constitution d'un monopole. Or, nous ne compre-

nons pas très bien comment. Si la « Broadcasting C° » ne peut retirer du service des revenus adéquats, elle fermera les stations émettrices ; qu'adviendra-t-il alors des constructeurs grands et petits ? Les maisons importantes se tourneront vers de nouvelles sphères d'activité, mais celles d'importance secondaire sombreront. La construction des installations par les amateurs eux-mêmes a été déclarée illégale. Aucun constructeur ne peut se plaindre de ce qu'on l'empêche d'enfreindre la loi. Malgré que l'importante question des amateurs soit complexe, elle peut être résolue ; elle le sera certainement, mais par d'autres procédés que ceux que les mécontents préconisent. Quant au reste, les critiques sont injustes et mal fondées ; il est probable qu'elles se retourneront contre leurs auteurs.

La T.S.F. est-elle appelée à supplanter les câbles sous-marins? (*Telegr. and Teleph. Journal* : mars 1923). — A l'heure présente, il n'est pas un grand pays qui ne songe à élaborer ou à exécuter un programme de communications radiotélégraphiques (la plupart du temps avec l'aide du gouvernement), mais sans cesser pour cela de caresser des projets qui présentent une réelle importance au point de vue du développement des liaisons internationales par câbles télégraphiques sous-marins. Tel est le cas notamment pour l'Allemagne et l'Italie qui ont établi des projets grandioses de communications par T.S.F., mais qui en même temps s'efforcent d'améliorer leurs communications transatlantiques. L'Angleterre, les États-Unis et le Japon ont recours aux câbles pour se procurer de nouvelles liaisons transpacifiques et transatlantiques. L'Allemagne, privée de ses principaux câbles pendant et après la guerre, a développé considérablement ses communications par T.S.F. ; elle n'en a pas moins songé à s'assurer au plus vite une communication directe par câble avec l'Amérique du Nord. De plus, elle a amélioré grandement ses communications avec la Suède en posant un câble sous-marin mixte (télégraphique et téléphonique) au lieu de recourir à des liaisons radiotélégraphiques. Quant à la Suède et à la Norvège, elles rivalisent d'activité pour organiser un service radio transatlantique.

L'Afrique du Sud et l'Amérique du Sud ont, elles aussi, continué à développer leurs réseaux de câbles sous-marins. C'est qu'on a constaté

que le rétablissement d'un câble, interrompu à la suite des récents tremblements de terre, était beaucoup plus rapide que s'il s'était agi de reconstruire une station de T.S.F. démolie par les secousses sismiques. Une installation radio à grande distance est quelque chose d'énorme, de compliqué ; en comparaison, un poste de réception et de transmission sur câble est la simplicité même.

Il semble qu'il ne faille pas se laisser griser par les progrès récents de la science des radiocommunications. L'emballement actuel pour le « broadcasting » risque de déconsidérer la télégraphie terrestre et la télégraphie sous-marine. Fort heureusement, les compagnies de câbles ne partagent pas cette manière de voir : depuis l'armistice, elles ont dépensé des millions pour remettre en état et développer leurs anciens réseaux. On peut dire que si, en Europe, on avait consacré à l'extension des réseaux de câbles souterrains et sous-marins les sommes énormes qui ont servi aux expériences de radiotélégraphie et de radiotéléphonie, nous pourrions rivaliser avec les États-Unis au point de vue de l'importance et de l'excellence des communications internationales.

Dans son état actuel, la télégraphie par conducteurs offre une plus grande souplesse que la T.S.F. Aujourd'hui, on peut construire des câbles à 4 conducteurs, longs de 300 milles marins ; avec le fonctionnement duplex, on peut écouler simultanément sur ces câbles 16 télégrammes, soit huit dans chaque sens. Chaque conducteur du câble peut être prolongé par des lignes aériennes et souterraines ; les messages transmis par câble peuvent être, à peu de frais, retransmis automatiquement vers différents pays, suivant leur destination.

Les installations sans fil sont très coûteuses et très délicates ; leur usure est rapide ; les frais de remplacement des organes usés sont considérables. La T.S.F. a une utilité incontestable dans certains cas bien déterminés [communications avec les navires en haute mer (ou entre navires) ou avec des régions où la pose et l'entretien des lignes est impossible, etc.]. Mais, sauf pour le broadcasting, elle ne peut encore rivaliser avec les câbles ou les lignes aériennes qui transmettent et reçoivent des messages originaires ou à destination de la moindre localité.

Considérée du point de vue international, la T.S.F. est avantageuse

en ce sens qu'on n'a pas encore eu l'idée de percevoir une taxe de transit au-dessus des pays intermédiaires, c'est-à-dire que — jusqu'ici, du moins — l'usage de l'éther n'est soumis à aucune redevance. On peut télégraphier sans fil d'Angleterre en Allemagne, sans payer un centime à la Belgique, à la France, à la Hollande, malgré que toutes les ondes émises pénètrent dans les maisons de tous les citoyens de ces trois pays.

Pour perfectionner la T.S.F., on s'efforcera sans doute de découvrir des dispositifs d'émission aussi efficaces mais dépensant moins d'énergie, et des postes de réception encore plus sensibles. A l'heure actuelle, le gaspillage d'énergie électrique est positivement effrayant : bien qu'on arrive à mettre trois ou quatre cents ampères dans l'antenne, le courant reçu n'est souvent mesurable qu'en dixièmes de milliampère.

Quant à la transmission sur câbles, elle n'a pas dit son dernier mot. Les appareils de réception peuvent être rendus plus sensibles et plus robustes. Qui sait si la lampe à vide — cette puissante auxiliaire de la T.S.F. — ne sera pas un jour employée couramment en télégraphie par fils de ligne, et si l'on n'utilisera pas sur les câbles la télégraphie à haute fréquence par courants porteurs ?

Quoi qu'il en soit, la T.S.F. pourra se développer encore sans détrôner la télégraphie ordinaire ; elle n'a pas de rivale pour la diffusion des nouvelles, pour la propagande. Il se peut que plus tard le rôle de la T.S.F. consiste surtout à relier entre eux les grands centres politiques et commerciaux d'où partiront des réseaux télégraphiques et téléphoniques très étendus. M. Gill, président de la Société britannique des Ingénieurs électriciens pense qu'il est possible d'organiser un Bureau Central international chargé de diriger et de surveiller la télégraphie et la téléphonie à longue distance en Europe, les circuits étant exploités dans la forme ordinaire et avec courants porteurs. La question est d'ailleurs à l'étude.

A Portland (États-Unis) les enfants apprennent à se servir du téléphone automatique (*Pacific Teleph. Magazine :* mars 1923). — Fin janvier 1923, on a inauguré le service automatique à Portland (Oregon) après avoir préparé à l'avance le public à se servir des nouveaux appareils. De nombreux articles

documentaires avaient été publiés dans la presse locale ; une équipe d'instructeurs (30 hommes et 6 femmes) avait été chargée pendant un mois de se rendre au domicile des abonnés pour leur expliquer la manœuvre du cadran d'appel. En même temps, on poursuivait l'éducation systématique des enfants fréquentant les différentes écoles de la ville. Écoliers et écolières ont suivi les explications et démonstrations avec le plus vif intérêt et ont pris un visible plaisir à demander des communications sur une petite installation montée spécialement à leur intention. Rentrés chez eux, les enfants expliquaient à leurs parents comment fonctionnent les appareils et comment il faut s'y prendre pour obtenir automatiquement une communication.

Ayant jugé nécessaire d'initier plusieurs centaines d'abonnés chinois et japonais, on désigna comme instructeur, un Américain qui avait habité longtemps la Chine. Après leur avoir enseigné l'alphabet anglais, il se fit aider par les petits chinois qui fréquentent les écoles publiques américaines.

Économies réalisées dans le service des tubes pneumatiques de Berlin (*Archiv für Post u. Telegr.* : mars 1923). — Dans le but de réduire le plus possible les frais d'exploitation qui se chiffrent par plusieurs millions chaque année, on a fait subir récemment certaines transformations aux installations pneumamatiques de Berlin. On a notamment remplacé les tiroirs et robinets par des soupapes actionnées automatiquement. De plus, on a remanié l'horaire des trains pneumatiques dans les différents bureaux, en tenant compte des exigences du service. Autrefois, les départs avaient lieu à des heures variables (par exemple une demi-minute, 9 minutes, 14 minutes et demie, etc., après l'heure, ce qui exigeait du personnel une grande attention. Aujourd'hui, les envois se font toutes les dix minutes. La durée du trajet entre deux bureaux correspondants — manœuvres de transit comprises — est en moyenne de 5 minutes. Sur les longues sections, les envois ont lieu toutes les 20 minutes ; pour accélérer la circulation des curseurs, le bureau de départ applique l'air, qui chasse les trains pendant la première partie du parcours, tandis que le bureau d'arrivée fait le vide.

Pour réaliser des économies d'air comprimé, de matériel et de personnel, on a installé dans les bureaux de transit — où les trains

pneumatiques ne font que passer sans s'arrrêter — un système de signalisation par lampes à incandescence pour le contrôle de la marche des trains, et un système aspirant et foulant qui permet de rendre uniforme le mouvement des curseurs dans les tubes, mouvement qui tend à s'accélérer sur les sections de grande longueur.

Le réseau pneumatique berlinois fonctionne depuis bientôt 50 ans. Cet auxiliaire précieux du réseau télégraphique est remarquable par sa précision, son bon rendement et son caractère économique.

Étude scientifique du travail des téléphonistes (d'après une communication du *Telegraphentechnisches Reichsamt*, par Oscar KLUTKE). Le travail des téléphonistes a été l'objet d'une étude scientifique de la part de l'institut psychotechnique de la « Technische Hochschule » de Charlottenbourg. A la suite de cette étude, l'administration allemande décida qu'à partir du 1er avril 1921 toutes les opératrices nouvelles seraient soumises à un examen psychotechnique, qu'ensuite leur travail serait particulièrement surveillé pendant un maximum de 6 mois. Au bout de ce laps de temps les bureaux devaient noter le travail de ces employées et ces notes devaient être comparées à celles résultant des expériences du laboratoire psychotechnique. Voici les résultats obtenus :

Les expériences psychotechniques préalables furent faites dans les bureaux ; comme ceux-ci étaient dépourvus des appareils nécessaires on imagina le procédé d'étude suivant : d'après les demandes qu'il reçoit, le sujet enfonce et retire des fiches numérotées pourvues de cordons dans une partie d'un multiplage de jacks. Pendant ces opérations on lui annonce des nombres de 4 chiffres de telle façon qu'une série d'opérations déterminées suive l'énoncé de chaque nombre ; au cours de celles-ci le sujet doit retenir ces nombres et les répéter à la fin. On s'assure ainsi de la précision et de la rapidité du geste et du regard, de la mémoire des chiffres et de l'habileté manuelle.

A la suite de ces expériences on donna à chaque sujet une note d'ensemble résultant de la moyenne de 15 expériences. Ces notes sont comprises entre 1,0 (très bien) et 5,3 (très mal) de sorte que le laboratoire a une marge d'appréciation de 4,3. La moyenne des notes données aux 584 personnes examinées est de 2,7.

Pour comparer ces résultats à ceux obtenus dans la pratique professionnelle on opéra ainsi : le laboratoire examina les comptes

rendus de chacun des bureaux sur le travail des mêmes opératrices et attribua une note à chacune ; ce sont ces notes que l'on compara à celles obtenues à la suite des expériences psychotechniques. De cette comparaison il résulta que, dans certains bureaux (Wilmersdorf, Charlottenbourg 1 et 2) les notes concordaient absolument mais que cela ne se produisait pas dans d'autres bureaux. Il fallut rechercher les causes de ces divergences, d'autant plus que les écarts étaient systématiquement de même sens ; les notes des bureaux étaient meilleures que celles du laboratoire.

En examinant à nouveau quelques cas on constata que certains bureaux avaient intentionnellement donné de bonnes notes. On convoqua alors les dames chargées de l'instruction à une conférence où on leur expliqua : l'importance de cet essai ; qu'il avait pour but de rechercher s'il était possible par des expériences rapides de se rendre compte de l'aptitude professionnelle d'une opératrice ; que, de plus, aucune sanction ne serait prise contre une téléphoniste à la suite de ces opérations ; on posa ensuite à ces dames la seule question suivante : « En admettant qu'il y ait une organisation nouvelle à réaliser, lesquelles, parmi les téléphonistes que vous avez instruites ou que vous avez vues travailler, prendriez-vous ; lesquelles refuseriez-vous ? » On constata alors que la majeure partie du personnel désigné comme étant à refuser avait obtenu une mauvaise note au laboratoire. Il était par suite évident que les résultats primitifs des bureaux ne pouvaient être considérés comme satisfaisants.

On découvrit d'ailleurs de nombreuses causes de divergences des résultats : les conditions locales (agencement du bureau, genre de service assuré, public, etc.) influent beaucoup sur le travail qu'on exige des téléphonistes ; les jugements portés sur une même téléphoniste diffèrent d'une façon extraordinaire suivant la personne qui porte le jugement ; enfin, beaucoup de bureaux pensaient qu'à la suite de ces essais on procéderait à des renvois de personnel : ils redoutaient alors les embarras qui pourraient en résulter pour assurer le service ou prenaient en considération la situation personnelle des opératrices et, pour éviter ces renvois, leurs notes étaient systématiquement bonnes. Les divergences relevées dans les bureaux ont donc de très nombreuses causes. C'est pourquoi on admit en gros les résultats obtenus à Wilmersdorf et Charlottenbourg 1 et 2.



L'essai a donné les résultats suivants : d'après le laboratoire, 84 des 584 personnes examinées, soit 14,4 °/₀ étaient impropres au service. Sur ces 84, les bureaux en avaient désigné 56 comme bonnes à congédier. Quant aux 28 autres, les bureaux les considéraient comme utilisables en faisant des réserves dans certains cas, tandis qu'ils déclaraient inutilisables 19 personnes que le laboratoire avait jugées utilisables. Les écarts sont donc de $28 + 19 = 47$, soit 8 °/₀, la concordance a donc lieu dans 92 °/₀ des cas.

Rien ne prouve que dans les divergences observées ce soit toujours le laboratoire qui ait tort. Il semble bien que, à cause des difficultés signalées plus haut, on puisse attribuer la moitié des erreurs aux bureaux, de sorte que le laboratoire donnerait 96 °/₀ de résultats exacts contre 4 °/₀ d'inexacts. Cette hypothèse se trouve d'ailleurs confirmée par des expériences de contrôle faites par l'administration pour vérifier les écarts de quatre bureaux.

Les bureaux estiment dans leur ensemble que la note 2,7 s'applique à une téléphoniste satisfaisant à toutes les exigences, tandis que la note 4 est celle d'une téléphoniste inutilisable. Aussi le laboratoire a-t-il adopté comme note limite d'aptitude la moyenne entre 2,7 et 4, soit 3,4. Des raisons d'ordre pratique amènent également à la même conclusion, si l'on veut rester dans des limites raisonnables en ce qui concerne le renvoi de personnel. En adoptant comme limite 2,7 il faudrait congédier 47 °/₀ du personnel ; avec 3,4 il ne faut plus que 14,4 °/₀ d'exclusions.

Les avantages d'un examen psychotechnique avant l'entrée en service sont les suivants : on ne reçoit plus 14 à 15 °/₀ de mauvaises recrues, le service est par suite meilleur ; il y a moins de réclamations et d'incidents dans le service ; de plus, grâce à cette sélection, l'instruction des téléphonistes est plus facile puisqu'elle ne s'adresse qu'à des sujets reconnus aptes à ce métier : elle est par conséquent écourtée et il en résulte des économies de personnel.

A la suite de ces résultats favorables il a été décidé que, pour Berlin et sa banlieue, toutes les candidates opératrices seraient soumises à cet examen psychotechnique et que celles qui n'y satisferaient pas seraient éliminées. Cette mesure a été appliquée à 400 personnes environ. On envisage l'extension de ce système à tout le territoire.

INFORMATIONS ET VARIÉTÉS

Opinion de Pupin sur l'avenir des lignes aériennes et des câbles pupinisés. — L'idée d'étudier la transmission des ondes m'est venue il y cinquante ans, dit Pupin dans un article publié par la revue « Das Fernkabel », tandis que j'aidais le pâtre du village à surveiller son troupeau pendant la nuit. Les bergers usent chez nous d'un artifice pour ne perdre aucune tête de bétail par nuit noire : ils écoutent le bruit que font les animaux en paissant, à l'aide d'un couteau enfoncé légèrement dans le sol : il leur suffit d'appliquer l'oreille tout contre la lame. Ce sont donc les bergers d'Idvor (Banat) qui m'ont enseigné qu'un terrain sec transmet les sons bien mieux que l'air ou qu'un sol fraîchement labouré.

En 1894, j'étudiais le problème classique de Lagrange relatif au mouvement libre des petites masses suspendues à un fil de poids négligeable et non soumises aux résistances de frottement. Désireux de généraliser la formule de Lagrange, j'étudiai les conditions du mouvement libre des petites masses suspendues à un fil de poids déterminé et soumises à des résistances de frottement, ainsi que le mouvement produit par une force appliquée variant harmoniquement. J'arrivai à une solution générale pendant les vacances que je passais cette année-là à Wannsee (Suisse). C'est en me promenant à travers la Suisse que l'idée me vint d'appliquer aux transmissions téléphoniques la formule de Lagrange généralisée.

Je connaissais les expériences de Hertz et je m'étais rendu compte de l'importance du rôle que joue la longueur d'onde dans la propagation des ondes électriques.

Ni *Vaschy*, ni *Heaviside* n'avaient mentionné la longueur d'onde dans leurs études théoriques de la transmission téléphonique.

Après avoir terminé mes calculs relatifs à la transmission des ondes sur un conducteur téléphonique muni de bobines d'inductance

placées à des intervalles réguliers variables avec la longueur des ondes à transmettre, je reconnus la nécessité d'imaginer une méthode expérimentale qui me permettrait de poursuivre mes travaux dans mon propre laboratoire, sans mettre à contribution les longs circuits aériens ou les câbles. Finalement, je réussis à établir la théorie des lignes artificielles et à construire plusieurs de celles-ci. La tâche était malaisée et j'y consacrai un temps très long.

Je passai ensuite à l'étude des bobines d'inductance à noyau de fer ; mes travaux furent grandement facilités par l'emploi de la remarquable méthode du pont de Wien. Je n'ai jamais rien publié sur ces travaux théoriques et expérimentaux, mais j'en fis connaître les résultats à l' « A. T. and T. C° » et à la société Siemens et Halske de Berlin. L'une et l'autre ont employé ma méthode depuis lors. Je n'ai jamais été très partisan de la pupinisation des lignes aériennes : au contraire, je recommandais l'emploi des bobines d'inductance sur les circuits de câbles mieux protégés contre les décharges atmosphériques, les tempêtes et les chutes de neige. On s'est rangé à ma manière de voir aux Etats-Unis aussi bien qu'en Allemagne. Le temps est proche où la transmission téléphonique se fera exclusivement sur circuits de câbles pupinisés; les circuits aériens seront alors réservés à la téléphonie multiple par courants de haute fréquence modulés. Ce dernier système est devenu pratique depuis qu'on emploie des lampes à trois électrodes pour la réception et la transmission des forces électromotrices de haute fréquence.

Aux Etats-Unis, les ingénieurs des téléphones s'accordent avec moi pour reconnaître que la transmission téléphonique et télégraphique sur câbles entre dans une période de développement prodigieux.

Théorie physique du filtre électrique. — Le filtre électrique constitue l'un des plus importants perfectionnements modernes apportés aux circuits électriques. Il rend possible la séparation des gammes de fréquences en bandes aussi étroites qu'on le veut ; la discrimination est plus précise qu'avec des circuits accordés. La lampe à vide et le filtre électrique sont les deux appareils qui rendent possibles la

télégraphie et la téléphonie par courant porteur à haute fréquence ; le filtre se retrouve dans tous les répéteurs. Ses applications en radiotélégraphie sont nombreuses.

M. G. A. Campbell vient de commencer la publication d'une série d'articles sur la « théorie physique du filtre électrique », dans le « Bell System Technical Journal ». Le premier de ces articles, paru dans le numéro de novembre 1922, n'est qu'une introduction. L'auteur y traite son sujet plutôt du point de vue matériel que du point de vue mathématique ; les caractéristiques des filtres sont déduites par le simple raisonnement.

Diagrammes pour servir au calcul des mesures de cross-talk. — Dans la revue « E.T.Z. » du 5 octobre 1922, M. Wehage présente un nomogramme relatif aux constantes et à la fréquence limite d'une ligne pupinisée et une série de graphiques permettant de calculer l'affaiblissement du « cross-talk ». Les diverses expressions sont ramenées à la formule :

$$z = \log_e x \pm \log_e y$$

et sont représentées par des diagrammes à axes parallèles dont le tracé et l'interprétation sont indiqués. Des axes parallèles avec échelles logarithmiques donnent, sur l'axe central, $\log z = 1/2$ ($\log x + \log y$) c'est-à-dire $z = \sqrt{(xy)}$. On voit qu'un diagramme de ce genre est immédiatement utilisable lorsqu'on veut représenter et trouver les caractéristiques d'une ligne ayant de l'inductance et de la capacité. L'auteur en cite un exemple. Il donne également des exemples de la construction et de l'application des graphiques pour interpréter les formules de l'affaiblissement suivant les différentes méthodes de mesures. Lorsqu'on juge que la méthode graphique donnera une précision suffisante, on économise du temps et de la peine en construisant ces nomogrammes.

Rendement des alternateurs à haute fréquence. — *La Commission des Annales a reçu la lettre suivante de M. Marius Latour :*

Je remarque dans le numéro de janvier des *Annales des P. T. T.*,

une communication de M. J.-A. Fleming, dans laquelle il est question des alternateurs à haute fréquence de mon système.

Il y a dans cette communication de M. J.-A. Fleming une erreur grave, au sujet des rendements numériques rapportés, que je dois relever.

Le rendement des alternateurs de 250 kw. n'est pas de 58 %, mais bien de 75 % ; le rendement des alternateurs de 500 kw. n'est pas de 68 %, mais bien de 83 %.

Ces chiffres expriment des rendements réels et *mesurés*. Ils tiennent compte de toutes les pertes électriques et mécaniques, même dans les organes accessoires.

La réduction de la consommation en kilowatts-heures, dans un grand poste de télégraphie sans fil, a trop d'importance pour que je laisse s'accréditer les chiffres rapportés par M. J.-A. Fleming.

Ces rendements dépendent évidemment beaucoup de la qualité des tôles utilisées, mais une très bonne qualité de tôles fines au silicium est actuellement disponible sur le marché. Bien plus, après m'être adressé à des fabricants étrangers, je suis arrivé, avec la collaboration de métallurgistes français, à obtenir des tôles de qualité encore supérieure qui permettront, dans l'avenir, une amélioration importante des rendements *remarquables* déjà obtenus.

Le Gérant,

Léon EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS



12e ANNÉE. — N° 8. AOUT 1923. PRIX : 3 fr.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS
D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE.
3 RUE THENARD PARIS Ve

Prix de l'Abonnement annuel : France .... 30 francs ; Etranger .... 34 francs.

COMMISSION DES ANNALES

DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une Commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes.*

Cette Commission se réunit à l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VII[e].

Membres de la Commission :

NOTA : La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

QUELLES SONT LES ERREURS QU'IL FAUT ÉVITER DANS L'ÉTABLISSEMENT D'UN POSTE RÉCEPTEUR RADIOTÉLÉPHONIQUE POUR L'ONDE DE 450 MÈTRES (suite) (1)

Les récepteurs à cadres constituent une application directe des phénomènes d'induction électromagnétique. On sait qu'un circuit quelconque, parcouru par un courant alternatif, produit dans son voisinage *un champ magnétique*, également alternatif, et variant à la même fréquence que le courant. Une bobine, placée dans ce champ magnétique avec une orientation convenable, est soumise à l'influence de celui-ci, et devient le siège d'une *force électromotrice d'induction* qui est, elle aussi, alternative et de même fréquence. Un circuit quelconque, connecté aux bornes de la bobine, est alors traversé par un courant alternatif d'induction dont l'intensité dépend de la nature des appareils intercalés dans le circuit.

Les courants de fréquences très élevées, que l'on emploie en radiotéléphonie, permettent d'obtenir, à grande distance, des effets d'induction suffisants pour être rendus perceptibles. On les augmente beaucoup en utilisant les phénomènes de *résonance électrique* : on connecte, aux bornes de la bobine, un *condensateur* dont la capacité a été réglée à la valeur pour laquelle le circuit, constitué par la bobine et le condensateur, est parcouru par un courant maximum. Pour cette valeur optima de la capacité, l'ensemble de la bobine et du condensateur, appelé *circuit oscillant*, a même période d'oscillation propre que la force électromotrice qui y induit un courant. Il est donc en *résonance* avec elle.

La force électromotrice induite dans un enroulement est d'autant plus grande que la surface de celui-ci est elle-même plus étendue. On a donc intérêt à l'augmenter autant que possible, et à enrouler le fil sur un cadre de bois de grandes dimensions.

(1) Voir n° de juin 1923 des *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones.*

Aussi ces bobines réceptrices sont-elles couramment désignées sous le nom de *cadres*.

Pour constituer un circuit oscillant, on réunit les extrémités du fil enroulé sur le cadre aux armatures d'un condensateur, dont on règle la capacité de manière à obtenir la résonance.

En disposant, en dérivation sur les bornes A et B (fig. 4), du cadre C, reliées aux armatures du condensateur K, un détecteur D et un écouteur téléphonique T, on constitue un poste récepteur muni de ses éléments essentiels.

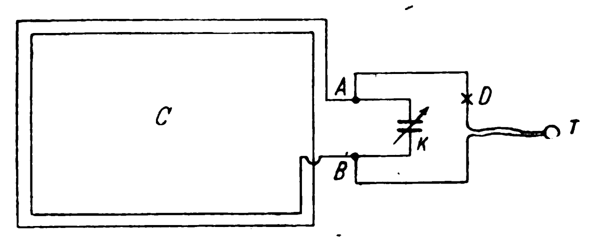


Fig. 4. — Réception par cadre.

La mise en résonance du circuit oscillant peut aussi être obtenue en réglant non pas la capacité, mais le nombre de spires du cadre : les deux éléments du circuit oscillant (self et capacité), agissant en effet l'un et l'autre sur la période d'oscillation du circuit, laquelle dépend du *produit* de la self par la capacité. En donnant une valeur constante à la capacité, on pourra donc effectuer le réglage en modifiant le nombre des spires mises en circuit. Toutefois le réglage, effectué de la sorte, sera forcément assez grossier, car on ne peut obtenir une *variation continue* de la self. La valeur de la self-induction croît d'ailleurs très rapidement avec le nombre de spires. Pour un cadre à bobinage régulier et à spires assez rapprochées, la self-induction varie *très grossièrement* comme le *carré* du nombre de spires : si l'on diminue de moitié le nombre de spires mises en circuit, il faut, pour retrouver l'accord du circuit oscillant sur une longueur d'onde donnée, prendre une capacité *environ 4 fois plus forte* que celle qui donnait la résonance avec le cadre primitif.

Jusqu'à présent, nous avons admis que le bobinage d'un cadre constituait une pure self-induction, et que le circuit oscillant

comprenait exclusivement deux éléments, self et capacité, nettement séparés l'un de l'autre.

En réalité il n'en est pas ainsi.

S'il est vrai qu'un condensateur à air, de bonne construction, puisse être pratiquement considéré comme une capacité à peu près pure, il n'en est pas de même pour la self : il est absolument impossible de réaliser une bobine constituant une pure self-induction : un bobinage constitué par l'enroulement d'un fil d'une certaine longueur, a forcément une certaine résistance ohmique — que l'on peut d'ailleurs diminuer en employant du fil de diamètre assez grand — ; en outre, on ne peut éviter que deux fils de l'enroulement, se trouvant forcément assez rapprochés, ne constituent, l'un par rapport à l'autre, un petit condensateur électrique, possédant une certaine capacité.

Les différentes spires d'un cadre forment donc, les unes par rapport aux autres, un ensemble de petites capacités qui peut acquérir une valeur totale assez élevée lorsque les fils sont enroulés en spires serrées, sans intervalle entre les spires voisines. Cette capacité, au lieu d'être placée, comme celle d'un condensateur ordinaire, en un endroit bien défini, est *répartie* sur toute la longueur du bobinage (fig. 5).

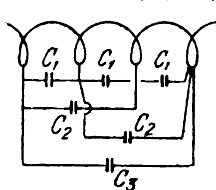


Fig. 5. — Schéma des capacités réparties le long d'un bobinage.

La répartition des capacités, grossièrement représentée par le schéma de la figure 5, dépend du nombre et de l'écartement des spires, ainsi que du diamètre du conducteur utilisé. Quelles que soient les précautions que l'on prenne pour essayer de la diminuer, elle ne peut *jamais être nulle*. Du fait de cette capacité propre, répartie sur la longueur de son enroulement, un cadre ne doit donc pas être assimilé à une self-induction pure, mais plutôt à *une self-induction connectée à un petit condensateur fixe*. Un

cadre entièrement isolé peut donc constituer, à lui tout seul, un véritable circuit oscillant qui se trouve en résonance pour une certaine longueur d'onde appelée *longueur d'onde propre* de l'enroulement. Un condensateur, connecté à ses bornes, permettra aisément d'obtenir la résonance pour une longueur d'onde *supérieure* à cette longueur d'onde propre, mais il sera tout à fait impossible de réaliser l'accord pour une longueur d'onde plus faible.

La longueur d'onde propre d'un cadre de surface donnée est d'autant plus élevée :

Que le nombre de spires est plus grand ;

Que les spires sont plus rapprochées les unes des autres ;

Que le diamètre du conducteur est plus grand.

Comme, d'autre part, la résistance ohmique de l'enroulement — que l'on doit chercher à rendre aussi faible que possible —, augmente rapidement à mesure que le diamètre du conducteur diminue, on voit qu'il n'est pas possible de construire des cadres avec du fil fin, qui serait la cause d'un amortissement tout à fait nuisible à une bonne réception. Il est préférable d'employer un fil de cuivre isolé d'au moins 1 mm. de diamètre ou, si possible, un câble à brins multiples, isolés les uns des autres, c'est-à-dire constitué par plusieurs fils de 5/10 isolés et câblés ensemble et de faire l'enroulement en *spires très espacées*. Avec les ondes de 450 mètres de longueur d'onde, c'est-à-dire de 666.700 périodes par seconde, la moindre capacité « *parasite* » telle que la capacité de 2 spires trop rapprochées exerce une influence défavorable, sur la réception en créant un circuit dérivé par lequel passe inutilement une partie du courant recueilli. On aura donc intérêt à espacer deux spires voisines d'au moins 2 centimètres, s'il s'agit d'un bobinage fait avec un fil de 1 mm. de diamètre, ou de plus, si l'on emploie du câble, ou du fil plus gros. Une telle disposition est très facilement réalisable en employant des cadres montes « en spirale », dans lesquels toutes les spires se trouvent dans un même plan. On prend, par exemple, une grande planche en bois, sur laquelle on fixe des isolateurs suivant la disposition de la fig. 6, et l'on tend le fil entre les isolateurs correspondants.

Les bornes d'entrée et de sortie, B_1 et B_2, doivent également être éloignées l'une de l'autre autant que possible. L'isolement du bois n'étant généralement pas très élevé, il est bon que ces bornes soient montées sur un socle en ébonite, qui assure un isolement parfait.

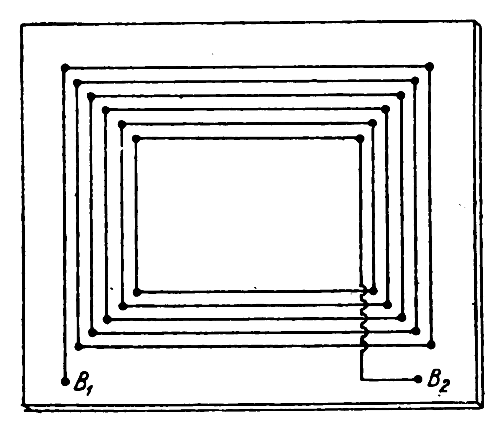


Fig. 6. — Cadre en spirale.

Enfin, quelles que soient les précautions que l'on ait prises pour maintenir les spires bien écartées les unes des autres, il reste, néanmoins, une certaine capacité propre qui augmente avec le nombre de spires de l'enroulement. Comme la self-induction croît également rapidement avec le nombre de tours de fil, on voit qu'un cadre constitué par un grand nombre de spires a forcément une longueur d'onde propre assez élevée, pouvant dépasser 450 mètres. Un pareil cadre est donc absolument inapte à la réception des émissions de l'École Supérieure : il *ne peut pas être accordé* sur 450 mètres. Les amateurs désireux d'installer chez eux une réception par cadre, devront avoir bien soin de constituer des cadres *n'ayant que quelques spires*. Un précédent numéro des *Annales des Postes et Télégraphes* a déjà fourni quelques précisions à ce sujet. Rappelons que, pour pouvoir fonctionner dans de bonnes conditions, un cadre de 2 m. × 2 m., à spires espacées de 3 cm. ne doit pas comporter plus de 3 spires $\frac{1}{2}$ à 4 spires. Un cadre de 1 m. 20 × 1 m. 20, avec même

écartement des spires, ne pourra pas en comprendre plus de 6. Avec des cadres de ces dimensions, la résonance du circuit oscillant pour 450 mètres s'obtient en connectant une capacité de l'ordre de $\frac{1}{4}$ millième de microfarad.

Bobines de self intercalées dans le circuit oscillant. — Dans certains montages d'appareils récepteurs — principalement dans les appareils à lampes utilisant les montages dits « à réaction » —, on peut être amené à intercaler une bobine de self-induction entre l'une des bornes du cadre et la borne correspondante du condensateur. Il est bien évident que la présence de cette bobine de self supplémentaire équivaut, au point de vue de l'accord du circuit oscillant, à une augmentation du nombre de spires du cadre : Un cadre à 4 spires de 2 m. × 2 m., en série avec lequel se trouverait placée une petite bobine de self, ne *pourrait plus être accordé* sur 450 mètres. Suivant la grosseur de la bobine, on se trouverait alors conduit à réduire le nombre de spires du cadre à 2, ou même à 1. On aurait alors un mauvais collecteur d'ondes, et le mieux à faire, en un pareil cas, serait d'abandonner la réception par cadre et d'établir, à la place, une réception par antenne.

Orientation des cadres. — Un champ magnétique alternatif induit, dans une bobine, la plus grande force électromotrice possible lorsque le plan des spires est perpendiculaire à ce champ (fig. 7).

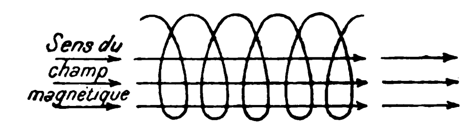


Fig. 7. — Disposition optima d'une bobine induite par rapport à un champ inducteur.

Il en sera de même pour un cadre récepteur dans le champ de l'antenne du poste transmetteur. A grande distance, en un point A (fig. 8), le champ électromagnétique H, rayonné par un poste émetteur placé en O, est sensiblement horizontal et

normal à la direction de propagation des ondes O A. Le plan des spires du cadre récepteur, pour être normal au champ H, devra donc être vertical et *dirigé suivant O A*. On placera donc le cadre *verticalement*, et on orientera le plan de ses spires dans la direction du poste émetteur de l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, dont l'antenne est située à Paris, 103 rue de Grenelle. On constatera facilement qu'une telle orientation donne à la réception un maximum d'intensité.

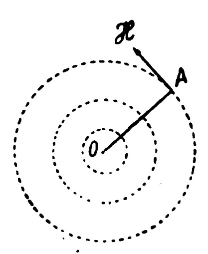


Fig. 8. — Direction du champ électromagnétique.

A très courte distance du poste émetteur — notamment à l'intérieur de l'agglomération parisienne, la direction du champ magnétique rayonné n'est pas aussi nettement défini : Un cadre récepteur placé horizontalement donne parfois de bons résultats. Néanmoins, cette disposition est à rejeter, car elle prive le cadre de sa propriété *sélective*, laquelle est souvent fort précieuse pour éliminer des transmissions parasites.

Un cadre vertical, orienté vers l'antenne de l'École Supérieure, recevra en effet ce poste dans des conditions particulièrement propices. Il sera, par contre, beaucoup moins apte à recevoir des émissions étrangères, ou des harmoniques de postes radiotélégraphiques situés dans des azimuts différents.

Comparaison des réceptions par antenne et par cadre pour l'onde de 450 mètres. — Ainsi qu'il a été exposé précédemment, une antenne, de longueur assez courte, se prête très bien à la réception de l'onde de 450 mètres : point n'est besoin d'y adjoindre une self trop forte pour obtenir la résonance, ce qui fait que l'on se trouve dans des conditions particulièrement propices. Une antenne nécessite, toutefois, une bobine de couplage

qui, si elle est mal construite, peut donner des mécomptes. Un cadre, ne nécessitant aucune bobine de ce genre, est d'un maniement encore plus simple est moins soumis à l'influence des parasites atmosphériques. Il possède en outre la propriété directive, souvent fort intéressante. Il est, toutefois, d'une sensibilité bien moindre que l'antenne.

Pour les réceptions utilisant les détecteurs à cristaux, l'emploi d'une antenne, même très simplifiée, est tout à fait indiqué. Il en est de même pour les montages à lampes dans lesquels la réaction magnétique est utilisée. Par contre, si l'on préfère employer un amplificateur à lampes multiples, comportant, par exemple, un étage d'amplification à haute fréquence à résonance, 1 lampe détectrice et 2 lampes basse fréquence, l'emploi d'un cadre récepteur peut parfaitement être envisagé. Certains amateurs, disposant d'appareils récepteurs à cadres, destinés à l'écoute d'émissions faites sur des longueurs d'ondes supérieures à 1.000 métres n'ont pas réussi à s'accorder sur l'onde de 450 mètres : il ne faut nullement en conclure qu'il soit *impossible* d'écouter, avec un cadre, les émissions de l'École : les renseignements donnés plus haut montrent que l'une des causes de leur insuccès est le *trop grand nombre* de spires de leur cadre. En en diminuant le nombre, on arriverait fort bien à constituer un circuit primaire pouvant être accordé sur 450 mètres. Toutefois, pour que l'appareil puisse être utilisé, il est également indispensable que le *circuit secondaire* satisfasse également à certaines conditions qui seront exposées dans le paragraphe suivant.

(*A suivre.*)

LES COMMUNICATIONS RADIOÉLECTRIQUES (1)

Ces quelques notes aideront à se faire une idée plus parfaite des communications radioélectriques et de la place qui leur revient en téléphonie. La première partie a pour but de faire mieux connaître la nature réelle des transmissions avec et sans fil. La dernière partie est une discussion sommaire des champs d'application actuels et futurs de la téléphonie sans fil.

Caractéristiques des transmissions par fil. — La plupart des gens s'imaginent que le courant électrique circule à l'intérieur des fils un peu comme l'eau dans une conduite. Ce n'est pas exact. Il est vrai que les courants électriques sont dans les fils, mais l'énergie des ondes électromagnétiques est surtout autour des conducteurs. Dans le cas des lignes en fil nu, on peut se représenter ces ondes invisibles comme remplissant tout l'espace qui entoure les conducteurs dans un rayon de plusieurs pieds (et circulant le long du circuit à une vitesse de plusieurs milliers de kilomètres par seconde), mais empêchées de s'en écarter et guidées par les fils vers l'endroit précis où on doit les recevoir.

Sur les réseaux téléphoniques, les ondes électromagnétiques sont transmises telles qu'elles sont émises par l'appareil de transmission, (microphone), c'est-à-dire qu'elles ont la même fréquence que la voix qui les engendre, sauf toutefois dans les systèmes modernes à courant porteur. Donc ces ondes électromagnétiques sont des ondes complexes, variables en permanence, dont les composantes ont une fréquence comprise entre 200 et 2.500 périodes par seconde.

Caractéristiques des transmissions sans fil. — Dans le système radio ce sont encore des ondes électromagnétiques qui sont transmises, mais, cette fois, au moyen d'un système rayonnant appelé « antenne »,

---

(1) O. B. Blackwell, *Telegraph and Telephone Age*, janvier 1923.

construit de telle façon qu'une partie des ondes s'échappe des fils et rayonne dans toutes les directions, sans fil de ligne pour les guider; elles se déplacent entre la surface du globe terrestre et, peut-être, entre les couches supérieures de l'atmosphère qui jouiraient de la propriété de les réfléchir.

Donc, en radiotéléphonie, le problème des fils de ligne n'existe pas. Mais on se trouve placé en face de problèmes nouveaux : 1° il faut s'arranger pour que les ondes rayonnées dans l'espace puissent être reçues de l'espace ; 2° il faut séparer l'un de l'autre les divers messages radiotéléphoniques ; 3° il faut connaître les caractéristiques de la transmission des ondes à travers l'espace.

Les ondes téléphoniques ordinaires ne sont pas rayonnées par les fils de ligne dans une proportion appréciable, d'abord parce que leur fréquence est trop basse par rapport au diamètre des conducteurs couramment employés, et aussi parce que les circuits n'ont pas une forme très favorable au rayonnement. Toutefois, si ces ondes passaient dans l'espace, elles se déplaceraient aussi bien, sinon mieux, que les hautes fréquences employées en radio. Mais, en supposant qu'elles puissent se libérer, il est évident que de sérieuses difficultés surgiraient du fait que tous les messages se gêneraient mutuellement puisqu'ils seraient transmis à des fréquences du même ordre et puisque les ondes radioélectriques se propagent dans toutes les directions.

En radio, on triomphe de ces difficultés en transmettant chaque message sur une fréquence propre et en se servant des courants de conversation pour faire varier l'intensité du courant à haute fréquence utilisé. Les ondes à haute fréquence ont ceci de particulier qu'elles peuvent être rayonnées par des antennes relativement petites. En employant une haute fréquence différente pour chacun des messages téléphoniques à transmettre on peut, au poste récepteur, séparer un message donné des autres messages empruntant en même temps la voie de l'éther, à condition que le message en question soit transmis à une fréquence qui soit suffisamment différente des fréquences auxquelles sont transmis les autres messages. Cette discrimination s'effectue à l'aide de systèmes d'accord, ou de filtres électriques, qui laissent passer les fréquences voulues et arrêtent les autres.

A remarquer qu'en discutant les problèmes radioélectriques on parle

toujours de la « longueur d'onde » ou de la « fréquence » à laquelle les messages sont transmis. Toutes les ondes radioélectriques voyagent à une vitesse pratiquement la même, c'est-à-dire à la vitesse de la lumière (300.000 km. par seconde). Or la distance parcourue en une seconde s'obtient en multipliant la fréquence par la longueur d'onde. Donc, si nous connaissons la fréquence, nous pouvons calculer la longueur d'onde et vice versa. Plus grande est la longueur d'onde, plus basse est la fréquence.

Le « broadcasting » fournit un exemple frappant de la différence des fréquences nécessaires pour des messages différents. Jusqu'à ces derniers temps, toutes les stations émettrices privées travaillaient sur 360 mètres de longueur d'onde, ce qui correspond à une fréquence de 830.000 périodes par seconde environ. On a décidé d'autoriser les émissions faites avec 400 mètres de longueur d'onde, ce qui correspond à une fréquence de 750.000 périodes par seconde. Si les ondes étaient de fréquences plus voisines, il serait impossible, avec les postes récepteurs utilisés aujourd'hui, d'écouter les radioconcerts sans être gêné par d'autres émissions, sources inévitables de phénomènes d'interférence. Par conséquent, le nombre des messages radiotéléphoniques simultanés est limité par le pouvoir détecteur des appareils de réception et par leur pouvoir sélecteur, ainsi que par l'échelle des fréquences utilisables en radiotéléphonie.

Capacité de l'éther. — On admet généralement que l'espace est rempli d'une substance appelée « éther » et que les ondes électromagnétiques se propagent à travers l'éther. Cette théorie est sujette à discussion, mais elle est commode et l'on s'en sert pour expliquer les phénomènes de transmission dans l'espace des ondes électromagnétiques. Toutefois, il convient de remarquer que si l'éther existe réellement, les ondes électromagnétiques de la téléphonie par fil de ligne se déplacent dans l'éther exactement comme les ondes radioélectriques. Mais, avec des fils de transmission, les ondes électromagnétiques voyagent dans une zone relativement peu étendue ; elles ne troublent l'éther que dans la région immédiatement voisine des conducteurs ; au contraire les ondes radio troublent l'éther dans une région très étendue qui s'étend dans toutes les directions à partir de la station émettrice.

Il est souvent question de la « capacité de l'éther ». On entend par là le nombre des communications radioélectriques simultanées qu'on peut écouler sans risque d'interférence dans une région quelconque. Evidemment, ce nombre dépend dans une large mesure de l'emplacement des stations, du type des appareils utilisés, et de la quantité d'interférence admissible. Cependant, d'une manière générale, on peut dire que si, en radiotéléphonie, on pouvait utiliser toute la gamme des fréquences réalisables, il serait possible avec les installations usuelles de se procurer dans une région donnée vingt-cinq communications simultanées non sujettes aux risques d'interférence. Toutefois, à cause de la radiotélégraphie, du broadcasting, de la radiogoniométrie, des besoins particuliers de l'Armée et de la Marine, des difficultés se sont déjà élevées lorsqu'il s'est agi de trouver des longueurs d'onde non sujettes à interférer.

La conférence radioélectrique qui, de concert avec le ministère du Commerce des États-Unis, a eu à étudier ces problèmes, a fixé une attribution des longueurs d'onde qui permet de résumer la situation comme il suit :

Pour le trafic entre les postes côtiers et les navires en mer, on a réservé une gamme de fréquences qui permettent de communiquer dans les deux sens dans n'importe quelle région, en utilisant les meilleures méthodes imaginées jusqu'à ce jour. Toutefois, cet intervalle n'est pas réservé exclusivement au service radiotéléphonique ; on peut y faire appel pour certains services radiotélégraphiques spéciaux. Il n'est pas douteux que la radiotéléphonie côtière est appelée à en souffrir.

Pour le trafic transocéanique, rien de précis n'a été fait, bien qu'on ait choisi une gamme de fréquences qui suffira pour établir une communication ; on a demandé l'autorisation de poursuivre des expériences avec cette gamme de fréquences.

Pour le trafic entre postes fixes, les deux bandes de fréquences réservées sont très étroites. Elles correspondent à des longueurs d'onde qui conviennent le mieux pour les longues distances (plusieurs centaines de kilomètres). Avec quelques perfectionnements, chacune d'elles permettra d'écouler une simple conversation. N'étant pas réservées exclusivement à la radiotéléphonie, elles pourront être contrariées par les émissions de télégraphie sans fil.

Dans chaque cas envisagé ci-dessus, il est question d'une communication bi-latérale pouvant être continuée sur les circuits métalliques et sans que les personnes qui parlent aient à manœuvrer un organe quelconque de commutation pour passer de la position « conversation » à la position « écoute ».

Actuellement, il faut deux longueurs d'onde différentes pour établir une communication bi-latérale de ce genre, parce qu'en général, on ne peut se servir de la même longueur d'onde dans les deux sens.

La conférence s'est montrée assez libérale en ce qui concerne le « broadcasting ». Dans les régions côtières, les gammes de fréquence octroyées permettent d'établir au moins quatre communications simultanées. Ce nombre pourrait être augmenté de deux à l'intérieur du pays, en recourant aux longueurs d'onde réservées, le long des côtes, pour la télégraphie maritime. De plus, on a réservé une gamme de longueurs d'onde plus courtes, à l'usage des stations de broadcasting ; mais cette gamme ne paraît guère appropriée à ce genre de transmissions. Enfin des bandes de fréquences ont été réservées pour les postes du gouvernement et des services publics qui font du broadcasting.

D'après ce qui précède, on voit que la radiotéléphonie (broadcasting à part) a un champ d'activité fort restreint. Toutefois, on a imaginé certaines méthodes qui permettront d'augmenter sensiblement la capacité de l'éther ; certaines de ces méthodes ont été utilisées pratiquement. Mais les systèmes préconisés sont à la fois compliqués et coûteux ; ils le deviennent toujours davantage au fur et à mesure que les communications fonctionnent sur des longueurs d'onde plus rapprochées. Toutefois, les progrès en voie de réalisation et les perfectionnements apportés aux appareils de transmission sur ondes courtes, permettent de penser que les facilités accordées par les services radiotéléphoniques se développeront encore d'une manière suffisante et satisfaisante.

Caractéristiques de transmission de l'éther. — Généralement la transmission sans fil varie davantage que la transmission par fil. Ceci dépend surtout des longueurs d'onde employées et des distances à franchir. Par exemple, l'énergie reçue d'une station de broadcasting distante de 50 kilomètres, est sensiblement constante. A une distance

de 320 kilomètres, sur terre, l'énergie reçue peut varier des centaines de fois dans l'intervalle de quelques heures, voire de quelques minutes. A des distances encore plus grandes, les variations augmentent rapidement.

Sur mer, les transmissions radio varient moins que sur terre. L'importance des variations augmente rapidement quand la longueur d'onde diminue.

Les transmissions radiotéléphoniques sont surtout gênées par les « atmosphériques » ; ceux-ci semblent être dus aux décharges atmosphériques et autres perturbations électriques ; ils varient beaucoup suivant la saison, suivant le jour du mois et l'heure de la journée. Des essais faits au nord de l'État du New Jersey, il résulte qu'en cette région les atmosphériques sont 50 fois plus intenses en été qu'en hiver. En plusieurs jours, on a remarqué des variations considérables: tel jour les parasites étaient 25 fois plus intenses que la veille. Les dispositifs modernes de réception amplifient les signaux reçus à un point tel que l'amplification simultanée des parasites rend toute amplification ultérieure pratiquement inutile ; cette grande variation de l'intensité des « atmosphériques » a donc de l'influence sur la distance maxima à laquelle on peut entendre une station donnée. C'est encore pour ces raisons qu'il est presque impossible de calculer la portée de transmission d'une station émettrice, c'est-à-dire de prévoir jusqu'à quelle distance on pourra l'entendre. Ainsi, dans des conditions favorables, une station de broadcasting voisine de New York a pu se faire entendre jusque dans l'océan Pacifique ; dans des conditions défavorables, la même station ne pouvait être entendue dans un rayon supérieur à 50 kilomètres.

Communications dirigées et secrètes. — La radiotéléphonie dirigée consiste à utiliser un système rayonnant agencé de telle façon qu'il ne rayonne pas également dans toutes les directions. Les postes dirigés émettent ou reçoivent beaucoup mieux dans la direction de la station avec laquelle ils doivent correspondre que dans toutes les autres directions.

Au poste d'émission les avantages sont les suivants : 1° économie de l'énergie puisqu'un pourcentage plus élevé est transmis dans la direction voulue ; 2° augmentation du secret des conversations puisqu'il

n'existe, dans la région, qu'un nombre très réduit de stations où les signaux peuvent être reçus. Mais une grosse difficulté surgit du fait qu'il est impossible de construire un système rayonnant dont le rendement soit satisfaisant, et, en outre, dont les propriétés directrices soient parfaites, autrement qu'en donnant à l'antenne une longueur très grande par rapport à la longueur d'onde. Or les ondes radiotéléphoniques utilisés généralement sont relativement longues (pour le broadcasting, elles ont d'ordinaire 300 mètres; les plus longues ondes utilisées en radiotélégraphie transocéaniques ont plus de 18 kilomètres); il n'est donc pas possible, sans engager des dépenses considérables, de faire de la radiotéléphonie dirigée autrement qu'avec une certaine approximation. Toutefois, dans les systèmes de réception, le rendement est moins important puisqu'on peut l'augmenter dans une large mesure en recourant à des amplificateurs; par conséquent, on peut obtenir du poste récepteur des qualités de direction le plus souvent suffisantes. Ceci présente l'avantage d'éliminer les parasites ou de réduire les troubles par interférence (occasionnés par les stations voisines), qui se feraient sentir dans des directions différentes de la direction d'où proviennent les signaux utiles à capter.

En Angleterre, on a procédé à un certain nombre d'expériences avec des longueurs d'onde de l'ordre de 15 mètres, à la fréquence de 20 millions de périodes par secondes ; on a obtenu des indications de direction plus précises qu'avec les longueurs d'onde usuelles. Cependant, on peut douter du caractère d'utilité des longueurs d'onde aussi courtes, en raison de la facilité avec laquelle les ondes de cette catégorie sont absorbées.

On a proposé divers procédés pour garantir aux communications radiotéléphoniques un certain degré de secret. Le plus souvent ces procédés sont appliqués au départ : c'est ainsi qu'on déforme plus ou moins les ondes vocales, en y ajoutant une fréquence de brouillage, en faisant varier à chaque instant la longueur d'onde sur laquelle elles sont transmises ; on utilise encore divers autres procédés qui ont pour but de rendre difficile la détection et la compréhension des signaux de conversation. Au poste de réception, on supprime la distorsion, on élimine les fréquences de brouillage ou l'on compense les variations volontaires de la longueur d'onde. Il serait possible de trouver une

méthode garantissant aux communications un secret rigoureux, mais les appareils seraient trop compliqués pour être vraiment pratiques. On a imaginé encore d'autres systèmes, qui comprennent des organes qui ne se trouvent généralement pas entre les mains des amateurs. Toutefois, les complications et dépenses qu'ils occasionnent s'opposent à ce qu'on les utilise couramment pour assurer un service radiotéléphonique.

Après cet aperçu général, il est intéressant d'examiner certains champs d'application présents et futurs de la radiotéléphonie.

Service téléphonique avec les navires et les véhicules en marche. — Une station radio a été installée dans l'État du New Jersey et des communications sans fil ont été établies entre la côte et un navire, puis entre ce navire et San Francisco et Los Angeles, en empruntant les circuits à longue distance transcontinentaux. Pendant les expériences, des communications ont pu être échangées simultanément avec deux navires et une troisième station terrestre. La portée normale de cette station est de 320 kilomètres. Dans des conditions favorables, elle a pu communiquer avec un navire à 2.600 kilomètres. Pendant l'été, les conditions atmosphériques peuvent interrompre le service à des distances inférieures à 320 kilomètres. La portée limite d'une station doit évidemment dépendre des services commerciaux qu'on en attend, ainsi que des problèmes techniques relatifs à l'installation. Puisque les transatlantiques longent la côte sur une partie considérable de leur parcours, on pourra communiquer avec eux par l'intermédiaire de stations installées sur les côtes de la Nouvelle Angleterre lorsqu'ils seront hors portée des stations du New Jersey.

On étudie actuellement un autre système qui permettra de communiquer par téléphonie sans fil dans un certain rayon autour des ports importants. Ceci est très intéressant pour les compagnies de chemin de fer et de pilotage, car le système permettra aux services intéressés de prendre à l'avance, avant l'arrivée des paquebots et cargos, toutes les mesures utiles. Il est possible qu'on ne puisse réserver à ce service une longueur d'onde déterminée, à choisir parmi celles utilisées aujourd'hui ; il sera nécessaire d'utiliser des longueurs d'onde plus petites.

La radiotéléphonie présente une importance particulière pour la

navigation aérienne, en ce sens qu elle permet aux avions de se guider jusqu'au point d'atterrissage. Si elle prend de l'importance pour les passagers, elle pourra servir à relier les avions en vol aux réseaux Bell, comme les navires en cours de traversée.

Enfin on songe à utiliser la téléphonie sans fil pour communiquer avec les trains en marche. La chose est parfaitement réalisable ; mais, en l'état actuel, les frais d'installation et d'exploitation d'un pareil système seraient hors de proportion avec les services qu'on est fondé à en attendre.

Communications établies à travers des obstacles naturels. — Comme application future de la téléphonie sans fil, on peut prévoir le raccordement des réseaux téléphoniques américains avec les réseaux d'Europe ou d'autres parties du monde. Les communications sur d'aussi grandes distances sont possibles : les expériences faites en 1915 entre Arlington, Paris et Honolulu en font foi. Depuis lors, des progrès très importants ont été réalisés, mais il reste encore beaucoup à faire pour qu'un pareil système puisse fonctionner avec des frais annuels assez peu élevés pour qu'il présente une valeur réellement commerciale. Mais alors il sera peut-être difficile de se procurer des longueurs d'onde convenables.

Le système de l'île Catalina est le premier qui ait fonctionné commercialement et régulièrement. L'île est à 40 kilomètres de Los Angeles. Les détails de l'installation ont été publiés dans diverses revues techniques. C'est à notre connaissance la première fois qu'une liaison radiotéléphonique assure un service commercial, et satisfait aux conditions ordinaires du service par fil (conditions de transmission des appels et des conversations) ; mais le secret des communications n'est pas assuré et le service est plutôt coûteux.

Il n'est pas douteux qu'en Amérique, la téléphonie sans fil est susceptible de nombreuses applications dans les régions où il est difficile ou impossible de poser et d'entretenir des fils de ligne. Mais il est probable que les cas d'application seront limités tant que les appareils radio ne seront pas simplifiés et d'un prix moins élevé qu'actuellement.

Dans bien des cas lorsqu'il s'agira d'atteindre des endroits écartés, on diminuera les frais d'installation en recourant à des systèmes qui



ne satisfont pas aux exigences des réseaux téléphoniques ordinaires, mais qui seront suffisants vu le peu d'importance du service à assurer en ces régions. C'est ainsi que dernièrement on a jugé suffisant d'organiser un service réduit entre deux postes, sans dispositifs d'appel, la communication étant assurée chaque jour pendant quelques heures fixées à l'avance.

Broadcasting. — La téléphonie sans fil se prête merveilleusement à la transmission de la musique, des nouvelles d'intérêt général, etc..., au bénéfice d'un grand nombre de personnes qui peuvent recevoir avec des appareils relativement simples. Cette application de la radiotéléphonie est trop connue aujourd'hui pour qu'il soit utile d'insister. C'est un service unilatéral qui ne saurait être comparé au service téléphonique ordinaire. Mais il faut remarquer que le défaut de secret des communications est ici un avantage puisque les émissions du broadcasting doivent être faites économiquement au bénéfice d'un grand nombre de personnes résidant tout autour de la station émettrice.

Service téléphonique rural. — En raison de la nature même des liaisons radiotéléphoniques, il serait absurde de supposer qu'elles pourront jamais remplacer les liaisons par fil dans les villes et régions à population très dense ; mais on peut rechercher si, en perfectionnant le système, il ne serait pas possible d'organiser un service régulier par téléphonie sans fil dans les régions peu peuplées.

A ce propos, il convient de remarquer que la radio est essentiellement une méthode de transmission des messages. En organisant un service téléphonique, il ne suffit pas de prévoir la transmission des appels, mais il faut encore assurer la liaison des diverses communications afin que deux abonnés quelconques puissent correspondre sans difficulté. C'est à cela que sert le central téléphonique, où plusieurs opératrices participent à l'établissement des communications. La radiotéléphonie n'échappe pas à cette règle générale.

Comme dans le cas des lignes de groupe d'abonnés (multi-party lines), on peut s'arranger pour qu'un petit noyau d'abonnés puissent communiquer entre eux radiotéléphoniquement. Toutefois, ils devraient en même temps pouvoir être reliés au réseau général par l'intermédiaire du central, afin qu'ils aient la possibilité de communiquer en dehors d'une région limitée.

Un réseau radiotéléphonique appelé à desservir plusieurs fermiers, avec ou sans le concours d'un bureau central, comprendrait (en dehors des postes d'abonnés), des appareils de transmission et de réception, des sources de courant électrique et des dispositifs d'appel. Du fait qu'une partie des appareils devrait être excitée en permanence pour être prête à recevoir les signaux, on peut prévoir que le remplacement des lampes détériorées serait un facteur important des frais annuels d'exploitation. Il est clair qu'en l'état actuel des choses, on ne saurait assurer le service en ne demandant aux fermiers que 2 ou 3 dollars par mois, sommes qui représentent le montant de l'abonnement au service téléphonique ordinaire. En mettant les choses au mieux, il semble que dans les campagnes, comme ailleurs, on n'utilisera la téléphonie sans fil que pour desservir des localités très éloignées ou situées dans des régions où les obstacles naturels rendent la pose et l'entretien des fils de ligne particulièrement difficiles.

Ceci ne veut pas dire cependant qu'on n'utilisera pas, en grand nombre, des postes émetteurs de faible puissance (en combinaison par exemple avec les appareils employés pour recevoir le broadcasting), pour permettre à nombre de gens de causer, à l'intérieur d'une même ville ou dans une zone limitée, soit le soir soit à d'autres moments de la journée indiqués à l'avance.

Situation créée par l'essor de la radiotéléphonie. — L'étendue des gammes de fréquence et l'importance des quantités d'énergie utilisées en téléphonie sans fil ont posé des problèmes techniques difficiles mais très intéressants. Les fréquences varient entre 50.000 périodes par seconde (expériences de 1915 entre Arlington, Paris et Honolulu) et 20 millions de périodes par seconde (expériences récentes). Généralement l'énergie appliquée à l'antenne est de l'ordre d'un demi-kilowatt pour le broadcasting ; pour certaines expériences, on a mis jusqu'à 100 kilowatts dans l'antenne. Ces chiffres paraissent énormes, comparés à l'énergie des ondes vocales de la téléphonie ordinaire ; en effet celle-ci n'est que d'un dixième de watt environ. L'énergie captée par les postes radiotéléphoniques de réception est extrêmement faible. Ainsi, à la distance de 50 kilomètres, un poste récepteur pour broadcasting, avec antenne ordinaire d'amateur, ne reçoit guère que quelques millioniemes de watt.

De ce qui précède, on peut déduire la raison pour laquelle l'ingénieur chargé des extensions, considère la radiotéléphonie avec des sentiments divers. Dans aucune branche de la science des communications électriques on n'a imaginé des méthodes et des appareils aussi merveilleux ; nulle part ailleurs l'ingénieur ne se trouve en présence d'une série de problèmes techniques aussi passionnants. La radiotéléphonie ouvre des perspectives inconnues ; les résultats acquis et les résultats escomptés ont frappé l'imagination de l'ingénieur et du grand public. Cependant, dans aucun autre champ d'activité, l'ingénieur ne se trouve en présence d'éléments aussi variables, échappant presque totalement à ses prévisions ; mais nulle part aussi, les progrès accomplis n'ont donné d'aussi faibles résultats, du point de vue commercial, si on les compare aux dépenses considérables engagées. Enfin, nous savons que pour rendre la téléphonie sans fil applicable commercialement et pour en tirer tout le parti possible, il faudra, pendant plusieurs années, continuer à la perfectionner.

Cependant, nous sommes convaincu qu'en raison des demandes toujours plus nombreuses relatives aux divers modes de communication, le domaine de la radiotéléphonie, — si limité qu'il soit — est appelé à prendre des proportions considérables. De plus, on surveille attentivement les développements du « broadcasting », accueilli par le public avec un rare enthousiasme.

Comme nous l'avons dit plus haut, les difficultés rencontrées en téléphonie sans fil ordinaire (propagation des ondes dans toutes les directions, impossibilité de tenir secrètes les conversations) n'existent plus dans le « broadcasting » ; bien mieux, elles deviennent, pour ce mode de communication, de réels avantages. Il est donc possible que la téléphonie sans fils trouve ici un champ d'application présentant une importance commerciale considérable et justifiant les recherches longues et minutieuses qui seront entreprises pour le développer dans la suite.

LES PROGRÈS
DE LA TÉLÉPHOTOGRAPHIE (1)

La transmission par fil et sans fil des photographies, dessins, cartes, etc. est un problème bien près d'être résolu. Le présent article est publié dans l'espoir que la téléphotographie figurera bientôt sur la liste déjà longue des sciences appliquées. Après un rapide exposé des premières expériences, l'auteur passe en revue les méthodes modernes, dont celles de Korn et de Belin. Enfin, il étudie plus en détail les procédés Leishman au développement desquels il a participé.

Il y a déjà plus de 70 ans qu'on poursuit l'étude de la transmission électrique d'une image optique, mais les résultats obtenus jusqu'ici n'ont pas permis d'en faire une application commerciale. Pratiquement, on ne dispose guère aujourd'hui que de trois ou quatre systèmes différents, qui ont tous donné des résultats expérimentaux satisfaisants.

La transmission d'une image optique se subdivise en deux classes principales : la *télévision* et la *téléphotographie*. La première consiste à reproduire sur l'appareil du poste récepteur un objet ou une image animés, placés devant le foyer de l'appareil de transmission. La seconde consiste à reproduire sur l'appareil récepteur une photographie ordinaire, ou préparée spécialement, transmise sous forme d'impulsions électriques ou de signaux convenables. Plusieurs savants, dont Rignoux, Fournier et Campbell Swinton, ont proposé divers systèmes de télévision qui sont restés dans le domaine chimérique. Nous ne nous occuperons ici que de la transmission télégraphique des photographies.

Les possibilités d'application d'un système économique de transmission télégraphique des images sautent aux yeux : les gouvernements s'empresseraient d'y recourir ; la transmission du portrait et des empreintes digitales des criminels recherchés par la justice,

---

(1) Par l'ingénieur D. W. ISAKSON. *Journal of the A. I. of E. E.* : novembre 1922.



serait un précieux auxiliaire pour la police ; d'autre part, les besoins en nouvelles illustrées ne faisant que croître, le développement commercial de la téléphotographie serait une source de bons placements financiers. Donc, à tous égards, elle est appelée à jouer un rôle important dans là vie moderne. Et pourtant, contrairement à d'autres inventions impatiemment attendues, il lui a fallu trois quarts de siècle pour faire quelques réels progrès. On se demande tout naturellement pourquoi pareille lenteur ; après avoir cherché longtemps, on ne voit aucune raison sérieuse à invoquer sinon l'extrême complexité du problème : combinaison des lois de l'optique et de l'électricité, des lois du mouvement, des propriétés particulières des corps simples et des corps composés, etc... C'est à cette grande complexité qu'il faut attribuer les divergences, parfois profondes, des divers chercheurs qui ont attaqué ce problème. La description rapide de leurs méthodes et de leurs appareils permettra de se rendre compte des difficultés considérables dont il leur a fallu triompher. Nous pourrons en conclure quelle a été l'influence de ces travaux sur le développement de la science. Enfin, nous nous rendrons mieux compte de la valeur intrinsèque des études des chercheurs de la première heure, et nous verrons comment leurs découvertes ont été mises à profit par ceux qui ont repris, après eux, l'étude de la question.

En télégraphie ordinaire, on décompose la page en lignes, chaque ligne en mots, et chaque mot en lettres ; on arrive, en transmettant une lettre à la fois, à faire reproduire la page entière par l'appareil récepteur. Le procédé de transmission d'une photographie est essentiellement celui que nous venons d'exposer : on ne peut transmettre à la fois qu'une infime partie de l'image ; ces parties infimes sont arrangées en lignes qui sont lues par un dispositif mécanique approprié. L'appareil devra donc obligatoirement comprendre : 1° un système pour diviser la photographie en parties extrêmement petites ; 2° un dispositif qui traduira en courants électriques d'intensité variable, les différentes teintes de chacun des éléments de photographie ; 3° un système qui, à l'arrivée, traduira le courant électrique en variations lumineuses correspondant à la fois à l'intensité et à la position relative de l'éclairage sur la photographie originale. En pratique, il existe aussi un quatrième point qui se rapporte au parfait synchronisme des appareils de transmission et de réception. Ne perdant pas de vue ces exigences communes à toutes les méthodes, nous pouvons passer à l'étude des divers procédés de réalisation. Dès 1847, Bakewell avait construit un appareil qui lui permettait de transmettre par télégraphe, à une distance de plusieurs kilomètres, des dessins,

des croquis et des lignes d'écriture. Bien qu'on ne puisse pas considérer strictement son système comme un appareil téléphotographique (d'ailleurs à l'époque la photographie était trop imparfaite pour se prêter à des expériences de ce genre), il semble qu'on doive le regarder comme un point de départ, puisque c'est en s'appuyant sur les principes posés par Bakewell, que ses successeurs ont repris l'étude du problème. L'installation comprenait essentiellement deux cylindres métalliques (l'un au départ, l'autre à l'arrivée) qui tournaient en synchronisme sous un style qui appuyait sur la surface de chacun d'eux. Le style était monté sur une tige filetée qui s'engrenait sur l'arbre du cylindre. Quand l'installation fonctionnait, le style se déplaçait latéralement au fur et à mesure que le cylindre tournait : une ligne en spirale était tracée sur le cylindre. Le sujet à transmettre était dessiné à l'encre isolante sur une feuille d'étain, qui était ensuite fixée sur le premier cylindre. Le second était entouré d'une feuille

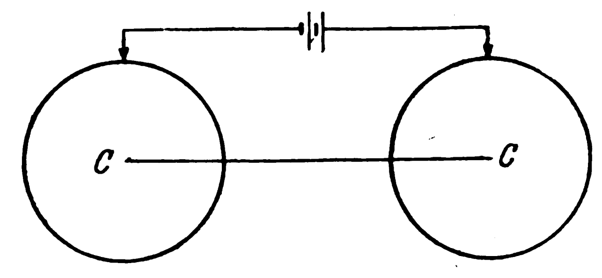


Fig. 1.

de papier revêtu d'une préparation chimique. La figure 1 représente le schéma du dispositif. Le passage du style sur l'encre isolante produisait une interruption de courant qui se traduisait par une interruption de l'effet électrolytique sur le papier chimique du poste récepteur. Les cylindres tournant en synchronisme parfait et le style ayant parcouru la tige filetée sur toute sa longueur, les lignes constituant le dessin original se trouvaient reproduites sur la feuille de papier chimique. Afin de conserver le synchronisme, on transmettait, à intervalles réguliers, des impulsions qui actionnaient électromagnétiquement le mouvement d'horlogerie chargé de fournir la force motrice à l'installation. Les difficultés occasionnées par l'entretien du synchronisme, la distorsion due à la capacité et à l'inductance des longs câbles, et diverses autres raisons décidèrent de l'abandon du système.

Malgré que divers dispositifs aient été proposés au cours des années suivantes, on resta longtemps sans obtenir de résultats dignes d'attention. En 1859, un Italien, l'abbé Caselli fit construire un modèle de

son célèbre « pantélégraphe », appareil à la fois original et ingénieux composé d'un pendule auquel était fixé un bras portant le style. Celui-ci traçait une ligne à la surface d'une plaque qui se déplaçait latéralement de la largeur d'une ligne à chaque oscillation du pendule. Le pendule du poste récepteur obéissait à des impulsions émises par le pendule du poste émetteur qui fermait des contacts à chaque oscillation. Ce dispositif permettait de réaliser facilement un synchronisme parfait. Le sujet à transmettre était reproduit avec de l'encre à la gomme-laque sur la plaque de cuivre de l'appareil d'émission ; la plaque de l'appareil récepteur portait une feuille de papier au cyanure de fer. La reproduction rappelait beaucoup celle obtenue avec l'appareil de Bakewell ; le procédé Caselli permettait de reproduire, dans de bonnes conditions et à une vitesse relativement grande, un texte manuscrit, un dessin, etc... Il était facile, avec ce système, de maintenir le synchronisme, mais le champ d'application était jugé trop réduit, quand on le comparait aux frais de construction et d'exploitation des postes ; c'est d'ailleurs pour cela qu'il n'a jamais été utilisé commercialement.

De Meyer (1869), d'Arlincourt, Gras et divers autres savants français reprirent les expériences mais sans résultats dignes d'être retenus. C'est sans doute Amstutz, qui, le premier, essaya de transmettre une photographie par télégraphe. Ici, le cliché négatif est imprimé sur un papier gélatineux rendu sensible à la lumière par addition de bichromate de soude. Lorsque l'émulsion est préparée avec soin, elle devient soluble dans l'eau chaude après exposition à la lumière actinique (rayons chimiques du soleil). Le papier recouvert d'une légère couche d'émulsion est impressionné dans la forme ordinaire ; on le développe ensuite dans l'eau chaude. Le positif ainsi obtenu a une surface irrégulière ; les parties bien éclairées se présentent sous forme de dépressions, de creux et les parties ombragées sous forme de proéminences, de reliefs. C'est ce positif qui remplace sur le cylindre de départ la feuille d'étain du système Bakewell. Un style met en mouvement sur la surface du cylindre une sorte de microphone ; au lieu que le courant soit interrompu périodiquement, il est soumis à une série de variations de l'intensité, produites par le passage du style sur les parties en relief ou en creux : quand le style passe sur un relief, le diaphragme comprime la grenaille de charbon et diminue ainsi sa résistance ; pour un creux, le courant est plus faible que pour un relief. Donc, théoriquement, le courant est proportionnel à la teinte de la photographie originale au point touché par le style à un moment quelconque. Pour traduire en teintes plus ou moins foncées les variations d'intensité du courant, Amstutz proposait d'utiliser le courant d'arrivée pour graver

directement une ligne unique de demi-teinte. Pour cela, au moyen d'électroaimants, le courant reçu actionnerait un style en forme de V qui mordrait plus ou moins profondément sur la plaque de cuivre entourant le cylindre de l'appareil récepteur.

Il est évident qu'un récepteur de ce genre est pratiquement inutilisable, car pour que le courant, à l'arrivée, puisse effectuer pareil travail, il faudrait qu'il soit transmis sous une tension bien au-dessus de celle que peut donner n'importe quel appareil de transmission. Faute d'avoir trouvé un dispositif récepteur convenable, Amstutz échoua. Toutefois, nous verrons plus loin que l'idée de son dispositif de transmission a été reprise avec plus ou moins de succès par Belin.

En 1873, Willoughby Smith, qui poursuivait certaines expériences avec des résistances en sélénium, s'était trouvé fort gêné par l'instabilité de ces résistances ; il en chercha la cause et finit par constater qu la conductivité électrique du sélénium variait avec l'intensité de la lumière à laquelle il est exposé. Quand cette découverte fut rendue publique, plusieurs savants cherchèrent, de différentes manières, à en tirer parti. On peut citer le professeur Bell qui se servit de résistances en sélénium pour construire son célèbre *photophone*. C'est Shelford Bidwell qui, le premier, proposa d'utiliser le sélénium pour résoudre

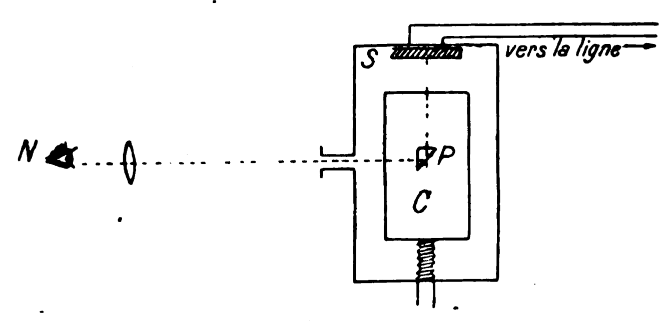


Fig. 2.

le problème de la *phototélégraphie*. Il fit plusieurs expériences intéressantes, ainsi que Perry et Ayrton.

Mais, c'est le professeur Korn de Munich qui réussit le premier, à transmettre et à recevoir une photographie, par ce moyen. Son appareil est représenté sur la figure 2 : *C*, est un cylindre en verre qui tourne sur une tige filetée, à l'intérieur d'une chambre noire, et au-dessus duquel est placée la photographie à transmettre, imprimée sur une pellicule transparente en celluloïde. Le prisme *P* est disposé à l'intérieur de la boîte de façon à réfléchir le rayon Nernst vers la résistance en sélénium *S*, située à une extrémité de la boîte. Ainsi, on voit

qu'après avoir traversé la pellicule, la lumière reçue par la résistance en sélénium sera fonction des variations de densité du film photographique, lorsque le cylindre tournera et se déplacera latéralement. Or, puisque la conductivité de la résistance est fonction de la lumière qui frappe celle-ci, à un moment donné, le courant dans le circuit télégraphique sera directement proportionnel à l'épaisseur de la couche d'argent au point où le rayon lumineux traverse la pellicule.

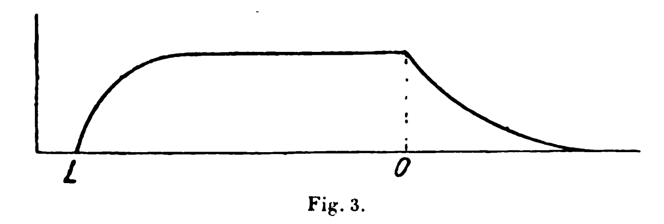


Fig. 3.

Théoriquement, ce système ne doit soulever aucune difficulté. Mais, pratiquement il n'en est plus de même, car il faut tenir compte du retard caractéristique que le sélénium apporte à se régénérer. En portant le temps en abscisses et le courant en ordonnées, on peut représenter par une courbe (fig. 3) la conductivité d'une résistance en sélénium exposée subitement à la lumière d'une source ayant une intensité donnée et éclairant pendant un temps *LO*. Grantham a trouvé expérimentalement que la résistance s'élevait sensiblement un peu après l'exposition à la lumière. Le retard caractéristique est parfois très grand (il peut atteindre plusieurs secondes) ; il varie suivant le degré de pureté du sélénium employé, la construction de la résistance, et, dans une certaine mesure, suivant la température ; on sait que la sensibilité maxima est à 0 degré centigrade. Par conséquent, on voit que, le cylindre tournant à la vitesse la plus faible pratiquement réalisable, les détails de la photographie originale seront atténués au point de rendre méconnaissable la reproduction obtenue au poste de réception. Korn a remédié en

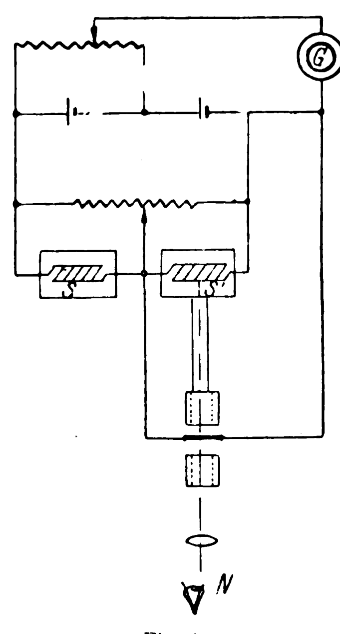


Fig. 4.

grande partie à cet inconvénient au moyen de sa méthode dite de « compensation ». Elle consiste à employer un montage en pont, une résistance en sélénium se trouvant dans chaque branche. *S* est placée dans une chambre noire séparée et est influencée par la lumière

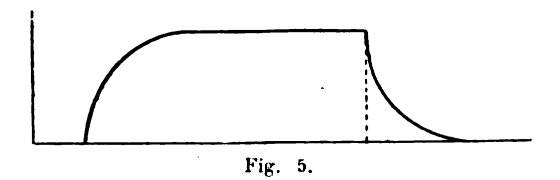


Fig. 5.

venant de la photographie ; *S'* se trouve dans une autre chambre noire ; elle est soumise à l'influence de la lumière émise par une lampe Nernst. Le rayon Nernst est intercepté par un volet commandé électriquement par le galvanomètre *G* (modèle Einthoven perfectionné). Quand le courant circule, le fil d'argent qui supporte le volet se déplace, et une partie du rayon Nernst tombe sur *S*. Korn prétend que ce montage augmente la sensibilité du circuit renfermant le sélénium et permet d'obtenir l'effet qu'indique la courbe de la figure 5.

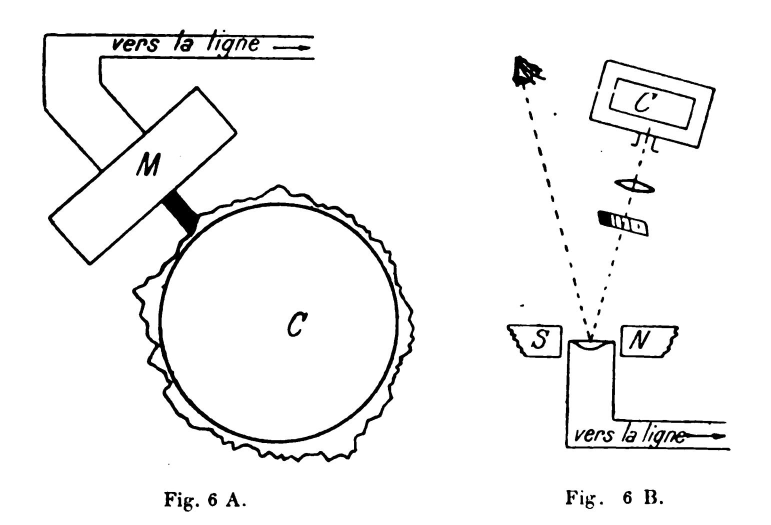


Fig. 6 A. Fig. 6 B.

A l'arrivée, le rayon Nernst agit sur une feuille de papier sensible. Ici encore il est intercepté par le volet commandé électriquement. Le déplacement du fil d'argent qui supporte le volet dans le champ du galvanomètre est, théoriquement, proportionnel au courant qui le parcourt. Par conséquent, la lumière qui frappe le papier sensible du cylindre de l'appareil récepteur, est proportionnelle à l'intensité du

courant dans le circuit. Le synchronisme est maintenu, grâce à une impulsion émise à chaque tour, laquelle force des deux appareils à s'arrêter et les remet en mouvement à partir d'un point déterminé. L'appareil Korn a remporté un énorme succès de curiosité ; dans plusieurs grandes villes d'Europe, on l'a mis à l'essai dans le monde de la Presse. Le grand défaut du système Korn, est la fragilité extrême du mécanisme ; mais, en outre, le maintien du synchronisme est assez difficile, et les résistances en sélénium ont une sensibilité relativement faible. Pour toutes ces raisons, l'appareil Korn était condamné à subir le sort des appareils précédents. Korn, d'ailleurs, s'en était bien rendu compte, et il avait cherché à remédier aux inconvénients du sélénium. Après de nombreuses expériences, il mit sur pied le *télautographe*, constitué par une combinaison d'un tambour métallique et d'un appareil récepteur à galvanomètre.

Plus près de nous, M. Edouard Belin a imaginé un appareil des plus intéressants, le *télestériographe*, qui a été essayé en Amérique il n'y a pas très longtemps. Les revues techniques et neutres ont publié de nombreux articles sur l'appareil Belin; sa description est encore présente à l'esprit de tous ceux qui liront ces lignes. Nous nous bornerons donc à rappeler les principes du système.

A la transmission, Belin utilise la photographie *en relief* du système Amstutz ; l'appareil transmetteur est essentiellement le même que celui décrit plus haut (voy. fig. 6 A). A la réception, un oscillographe Duddell réfléchit un rayon de lumière actinique (l'angle d'incidence étant proportionnel au courant dans le circuit du galvanomètre) sur un écran gradué qui, pour satisfaire à tous les besoins, renferme toutes les gradations lumineuses entre l'opacité et la transparence (fig. 6 B). La lumière, dont l'intensité varie suivant la région de l'écran qu'elle tra-

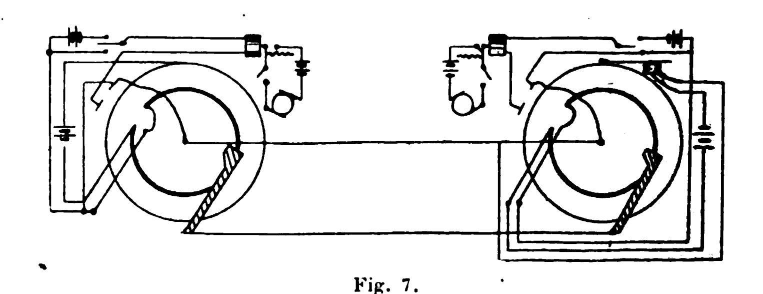


Fig. 7.

verse, est dirigée, vers l'ouverture d'une chambre noire par une lentille appropriée ; dans la boîte se trouve le cylindre entouré d'une feuille de papier sensible (ou d'une pellicule photographique) ; le

cylindre tourne sur lui-même et se déplace latéralement sous l'effet d'une tige filetée sur laquelle il est monté. Quand, sur le cylindre de l'appareil transmetteur, le style passe sur une proéminence, le miroir de l'oscillographe dirige le rayon lumineux vers la partie transparente de l'écran ; quand le style passe sur une dépression, le rayon est dirigé sur la partie opaque de l'écran. Après développement, le papier sensible (ou la pellicule) reproduit fidèlement l'original, à condition, bien entendu, que le synchronisme ait été rigoureusement maintenu. L'appareil Belin a donné jusqu'ici d'excellents résultats et ce système paraît riche de promesses. Le gouvernement français l'a mis à l'essai récemment ; on pense que certains perfectionnements, tenus secrets, ont été réalisés depuis peu. Tel qu'il se présente aujourd'hui, l'appareil Belin peut servir à la police et à la justice pour faciliter l'arrestation des criminels sous mandat d'arrêt. Dans le domaine de la presse, son application est forcément limitée en raison des frais considérables entraînés par la transmission d'une seule photographie.

Un autre système dû à L. J. Leishman, perfectionné en Amérique, a remporté un succès marqué dans le domaine commercial. Le gouvernement des États-Unis l'avait mis à l'essai pendant la guerre.

Le premier appareil de Leishman a reçu le nom de système *à écran*, parce que la préparation de la photographie à transmettre est analogue à la préparation des clichés demi-tons pour journaux. Il a l'avantage de supprimer les appareils compliqués et délicats utilisés dans les autres méthodes. La photographie à transmettre est imprimée sur une plaque de cuivre recouverte d'une solution de colle et de bichromate d'ammonium, à travers une grille à mailles très serrées qui divisent la photographie en un grand nombre de parties infimes. Le positif est développé dans un bain chaud ; la solution à la colle est plus ou moins entamée suivant que la lumière l'a pénétrée plus ou moins profondément. Quand il est développé, le positif se présente sous la forme de points de grosseur variable ; les parties de la surface ayant peu ou pas de points représentent les régions très éclairées et vice-versa. En préparation du travail des demi-tons, on grave la plaque à l'eau forte ; la plaque est ainsi transformée en un négatif qui se prête aux travaux d'impression. Mais, revêtue de colle seulement, la plaque constitue un positif qui sert à transmettre la photographie par télégraphe. La plaque est roulée et glissée sur le cylindre de l'appareil de transmission ; le style, qui parcourt la surface, ferme le circuit télégraphique, provoquant ainsi l'émission d'impulsions électriques dont la longueur varie suivant la distance qui sépare les points entre eux. Nous revenons donc ici au cylindre métallique de Bakewell, qui portait les dessins, lignes d'écriture, etc... reproduits avec de l'encre isolante. N'est-il

pas étrange que les tentatives faites aujourd'hui soient si peu différentes, quant aux moyens, des essais faits en 1847, par le premier savant qui ait abordé l'étude du problème? Il faut dire que la similitude des méthodes ne dépasse pas le cylindre du poste transmetteur et le style qui se déplace à sa surface. Au poste de réception, les impulsions électriques sont traduites en teintes correspondant à celles du cliché initial, par un procédé aussi simple qu'ingénieux. Le courant traverse deux électro-aimants qui attirent une armature portant un style à pointe en saphir (fig. 7). Quand les électro-aimants sont excités, le style vient en contact avec le cylindre qui porte une feuille ordinaire de papier blanc recouverte d'une feuille de papier carbone. A chaque impulsion, le style trace une marque sur le papier, et comme les cylindres tournent en synchronisme, la photographie est reconstituée graduellement. Leishman réalise et maintient le synchronisme d'une manière inédite et originale. Korn, Belin et divers autres chercheurs maintenaient le synchronisme en arrêtant momentanément les deux cylindres ou l'un d'eux seulement. Dans la nouvelle méthode, les deux cylindres tournent sans arrêt, sous l'effet de relais qui commandent le circuit des moteurs. Les batteries qui excitent les relais sont montées de telle façon qu'elles cessent de débiter quand les machines sont en synchronisme. Si l'une avance, un courant est émis à travers le relais de commande du circuit d'alimentation, et la machine motrice est ralentie de façon à annuler l'avance prise par l'appareil. On voit de suite que ce système permet d'effectuer plus rapidement la transmission ; en tout cas, il assure le synchronisme rigoureux des deux appareils.

Il se produit en moyenne 250 interruptions du circuit par seconde; c'est d'ailleurs pourquoi on ne peut utiliser l'appareil sur les lignes télégraphiques ordinaires qui comportent des relais à action lente. On peut remédier à cet inconvénient en utilisant des relais à lampes à vide. Toutefois, non complètement satisfait de ces derniers, M. Leishman a imaginé un deuxième procédé qui promet de faire faire un progrès sérieux à la question de téléphotographie.

Au lieu de résistances en sélénium (dont l'emploi avait réservé de nombreux déboires à Korn), Leishman utilise des éléments photo-électriques. Depuis dix ans, on s'est souvent servi de résistances en sélénium pour effectuer, dans les observatoires, la mesure de la lumière des étoiles et planètes ; mais on les a finalement laissées de côté, — en raison de ce qu'elles sont trop sensibles aux variations de la température et de ce que la régénération du sélénium demande un temps assez long — pour les remplacer par des couples photo-électriques imaginés par Kunz. Un élément photo-électrique se régénère instan-

tanément ; il n'est pas possible aux conditions climatériques ; il est aussi sensible à la lumière que l'œil de l'homme. Le système Leishman utilise une pellicule photographique posée sur un système en verre.

Pour recevoir la photographie, Leishman utilise un procédé qui élimine tous les facteurs qui tendent à limiter la vitesse de transmission : pesanteur, frottement, inertie mécanique. Un électro-aimant excité par le courant télégraphique tourne dans le plan d'un rayon lumineux polarisé. La vitesse de rotation est fonction de l'intensité du courant, et l'intensité de la lumière qui traverse le second prisme Nichol dépend à son tour de la vitesse de rotation de l'électro-aimant. Rignoux et Fournier ont, les premiers, proposé de recourir à cette méthode de variation de l'intensité des rayons lumineux qui frappent la pellicule portée par le cylindre de l'appareil récepteur. On obtient une image en teintes dégradées absolument nette.

Nous avons vu que la transmission des images consiste principalement à reconstituer celles-ci en disposant convenablement les parties constitutives de l'original et en donnant à chacune d'elles la teinte qu'elles ont sur la photographie à transmettre. Tous les systèmes que nous avons étudiés accomplissent ce travail mécaniquement ; une infime partie de l'ouvrage seulement est transmise à un moment donné. Avec le système Leishman à *code télégraphique*, on s'écarte des procédés imaginés antérieurement, et malgré qu'il ne soit pas une application nouvelle de la science pure ou appliquée, il présente un réel intérêt en ce sens qu'il est nouveau, très ingénieux et qu'il est susceptible d'applications commerciales. Dans ce système, la photographie est décomposée en plusieurs parties chacune étant de même teinte : les divisions sont donc moins nombreuses et plus étendues que dans les systèmes précédents. Le procédé Leishman devant être surtout utilisé par les journaux, on a adopté cinq gradations de ton seulement ; ce nombre suffit pour les clichés d'impression dans un journal. Chaque ton peut être représenté par une lettre. Dans la pratique, *X* représente le blanc ; *F*, le gris pâle ; *I*, le gris moyen ; *K*, le gris foncé ; *M*, le noir. Pour délimiter les zones ayant même teinte, on trace un trait continu lorsque les bords sont nettement tranchés et une ligne pointillée quand la teinte des bords est fondue. Ansi divisée, la photographie est prête à être traduite en code. Pour cette opération on se sert d'une planche à dessin portant à la partie supérieure une échelle graduée qui représente les abscisses et d'un té gradué à la même échelle, qui représente les ordonnées. L'échelle porte 18 divisions principales partagées à leur tour en subdivisions. Au lieu d'être représentées par un chiffre, les divisions le sont par une lettre pour deux raisons : 1° l'alphabet compte 16 lettres, alors que de 0 à 9 il n'y a que 10 chiffres ; en utilisant des

lettres, deux caractères suffisent pour représenter n'importe quelle division et subdivision; 2° les compagnies télégraphiques comptent pour un mot tout groupe de cinq lettres au maximum, tandis que chaque chiffre est taxé pour un mot. Avec l'échelle adoptée, il suffit de 18 lettres; on peut donc se passer de celles qui, en télégraphie commerciale, prêtent à erreur.

Avec la planche à codifier, tout point de l'image peut être situé par rapport aux autres, à l'aide d'une seconde opération. Le procédé est comparable à celui qu'on applique pour trouver l'emplacement d'une ville sur une carte, où la longitude est indiquée par un chiffre et la latitude par une lettre ou vice-versa. Par exemple, supposons que nous cherchions la ville de Podunk; sur la table, à la suite du nom de la ville, nous lisons : R — 6. Il suffit de chercher la ville au voisinage de l'intersection de la longitude 6 avec la latitude R.

Il est évident que dans la transmission d'une image, une exactitude rigoureuse est indispensable et, par suite, qu'il faut tracer un grand nombre d'ordonnées et d'abscisses. Par conséquent, il faudra davantage de caractères pour préciser l'emplacement exact des différents points. On se servira donc de 4 lettres : la première indique la principale division sur l'échelle verticale et la seconde l'ordonnée particulière correspondant à cette division; la troisième lettre indique quelle division principale de l'échelle horizontale renferme l'abscisse représentée par la 4e lettre. Par exemple, le groupe *L G V I* représente la coordonnée de l'ordonnée *G* dans la division principale *L* sur l'échelle verticale, et l'abscisse *I* dans la division principale *V* sur l'échelle horizontale.

Les lignes tracées pour délimiter les différents tons sont divisées en tenant compte des deux théorèmes fondamentaux suivants de la géométrie : 1° deux points déterminent une ligne droite; 2° trois points déterminent un cercle. Pour codifier une ligne droite, on place le té de façon que le bord de son échelle pose sur le premier point. On lit les divisions des deux échelles, puis on recommence en plaçant le bord du té sur le second point. Et ainsi de suite.

Les mots d'un télégramme en langage convenu peuvent comprendre cinq lettres; nous venons de voir que quatre suffisent pour situer tous les points d'une même ligne. On utilise la cinquième lettre pour donner certaines indications utiles à l'opérateur chargé de la réception. Ainsi :

S indique le commencement d'une ligne,
D » la fin d'une ligne,
A » la fin d'une droite,
Q » une ligne courbe pleine,

W » la fin d'une droite pointillée (teinte à dégrader),
U » une ligne courbe pointillée,
X » un blanc,
F » un point gris pâle,
I » un point gris moyen,
K » un point gris foncé,
M » un point noir.

Les lettres qui indiquent la teinte, sont transmises quand le pourtour est tracé complètement, c'est-à-dire quand on a fermé la boucle d'une zone de teinte uniforme.

Le système Leishman est employé par la *Telegraph Picture service C°* qui a déjà transmis des centaines de photographies à plusieurs journaux américains, amateurs du progrès. Bien que ce procédé ne permette pas de codifier et de reproduire économiquement des photographies très détaillées, il semble que son champ d'application soit assez vaste pour justifier son développement dans la suite.

Le procédé Leishman n'a rien d'électrique, excepté en ce qui concerne les appareils télégraphiques servant à la transmission et à la réception des mots du code; il n'applique aucun principe nouveau de physique ou de mécanique ; aussi lui reprochera-t-on de n'être guère intéressant au point de vue purement technique. Mais, comme il s'est substitué aux autres systèmes beaucoup plus compliqués, nous pensons qu'il mérite la place que nous lui avons réservée dans la présente étude. On peut retransmettre les *photogrammes* plusieurs fois par fil et sans fil; ils ne sont pas exposés aux perturbations magnétiques et statiques, ni aux variations de la capacitance, de l'inductance, etc., des longs circuits téléphoniques et des lignes télégraphiques à longue distance.

Nous pouvons conclure de ce qui précède que la *téléphotographie* n'a pas dit son dernier mot. Les futurs ingénieurs voient s'ouvrir devant eux un champ de recherches très vaste où ils pourront appliquer les lois et phénomènes chimiques, physiques, etc... découverts par ceux qui se consacrent à l'étude de la science pure. On peut escompter de notables progrès dans ce sens pendant les dix années qui suivront celle-ci ; espérons que le problème de la télévision sera résolu sous peu ; plusieurs savants d'Europe consacrent tous leurs efforts à la solution de ce problème passionnant

---

LE CABLE TÉLÉPHONIQUE

« PHILADELPHIE-PITTSBURGH » (1)

Par M. James. J. PILLIOD

Introduction. — La mise en service, fin 1921, du câble téléphonique Philadelphie-Pittsburgh (490 kilomètres) a marqué une étape du développement continu des facilités conférées au public américain par la téléphonie à longue distance.

L'établissement d'un aussi vaste projet, qui oblige à recourir à des méthodes nouvelles, suppose une étude préalable et minutieuse des travaux à exécuter, une collaboration étroite des ingénieurs et des constructeurs avec les savants et les inventeurs, et enfin une grande compétence de la part du personnel chargé de

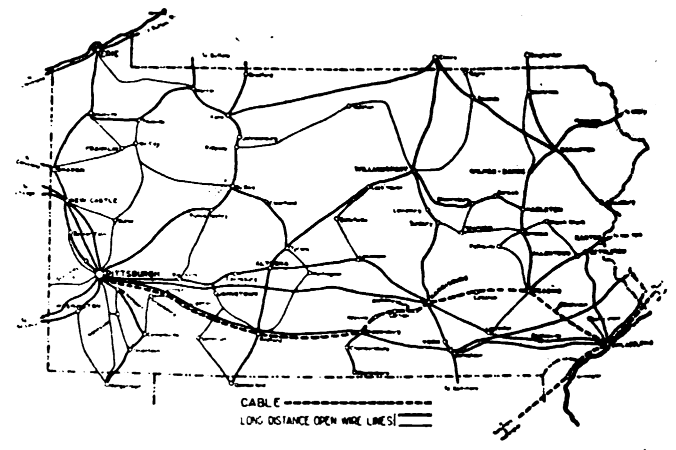


Fig. 1. — Itinéraire des voies téléphoniques construites ou projetées.

la construction, de l'exploitation et de l'entretien du câble et des appareils, de manière à garantir la parfaite continuité d'un ser-

---

(1) *Journal of. Am. Inst. of Electr. Engineers* (août 1922).

vice si nécessaire à l'industrie et au commerce du pays. On ne saurait trop insister sur l'importance de la coordination de tous ces facteurs et sur les bienfaits d'une étroite collaboration entre tous ceux (ils se comptent par centaines) qui sont chargés de mener à bien pareille entreprise.

La figure 1 représente les villes importantes reliées entre elles par des lignes en fil nu ou par des câbles téléphoniques à longue distance. Les premières sont les plus nombreuses parce que dans bien des cas, elles sont encore aujourd'hui les plus économiques. Dans la section Philadelphie-Pittsburgh, on a besoin d'un

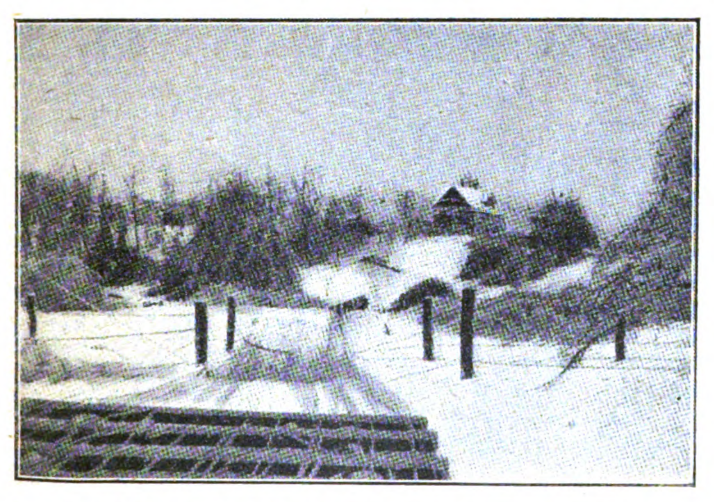


Fig. 2. — Etat de la ligne de New York-Boston, près de Worcester après une tempête de neige.

nombre considérable de circuits ; d'autre part (le fait est bien connu), la topographie du pays n'est pas favorable à la construction de rames sur appuis. Actuellement, les voies téléphoniques posées dans la région appartiennent presque toutes à des services publics ; parmi celles-là, on compte trois lignes interurbaines pupinisées de bout en bout. D'un autre côté, il faut tenir compte des tempêtes de neige et des coups de vent violents qui fréquemment endommagent des portions importantes des lignes en fil nu posées dans ces régions. Même les lignes les plus robustes ont à souffrir des intempéries, et les interruptions de

service (souvent rapprochées), ne sont pas sans causer de sérieux préjudices aux abonnés aussi bien qu'aux compagnies. Les frais de remise en état des circuits sont considérables vu les conditions économiques actuelles.

Les figures 2 et 3 représentent l'état d'une ligne après la tempête de neige qui s'est abattue sur la Nouvelle-Angleterre le 28 novembre 1921. On voit que le problème de la protection des circuits contre les intempéries est d'importance. Au cours de la

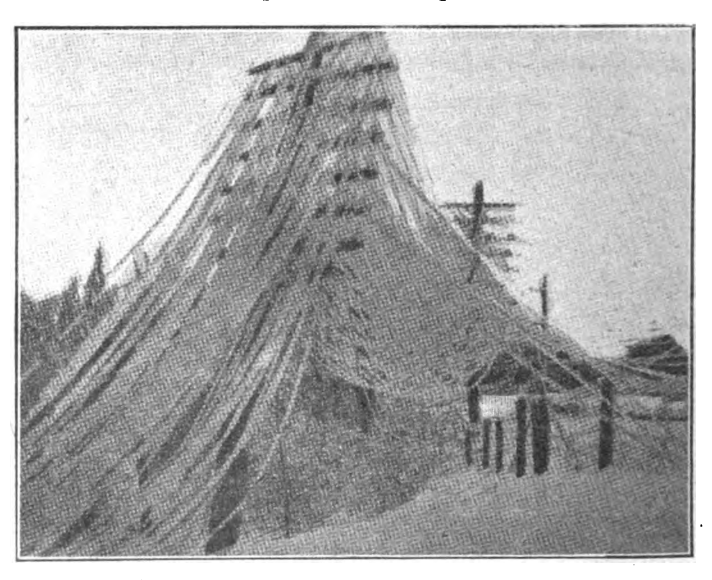


Fig. 3. — Les fils chargés de givre sur la même section de ligne.

tempête, des milliers de poteaux avaient été brisés et le petit nombre de ceux qui restaient debout était insuffisant pour supporter le poids énorme des fils revêtus d'une épaisse couche de glace. Donc, il existe une limite pratique quant au nombre des fils nus que l'on peut pratiquement et économiquement faire porter par une ligne d'appuis.

Là où le nombre des routes est réduit, là où les lignes sur poteaux sont déjà trop chargées, là où il faudra construire prochainement un grand nombre de nouveaux circuits, il est bien évident qu'il faut tôt ou tard envisager des méthodes de construction nouvelles et permettant de satisfaire à toutes les exi-

gences. Tel est le cas dans la région Philadelphie-Pittsburgh et, d'une manière générale, le long du parcours des câbles représentés sur la figure 1 ; dès maintenant, ou d'ici peu, les conditions seront telles qu'il faudra se procurer de nouveaux circuits autrement qu'en construisant de nouvelles lignes en fil nu sur poteaux.

Construction des lignes. — Les figures 4 et 5 montrent comment sont construits 400 kilomètres de la section Philadelphie-Pittsburgh, longue, avons-nous dit, de 490 kilomètres ; on y voit

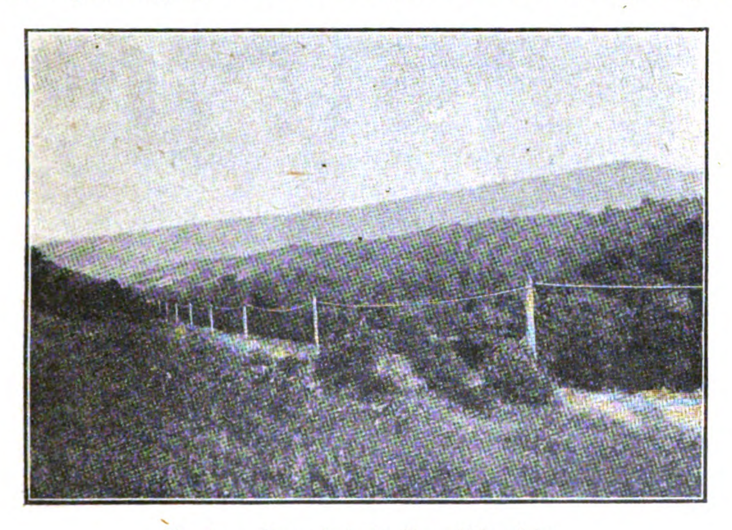


Fig. 4. — Vue générale d'un câble aérien.

les appuis, le câble porteur et le câble téléphonique. Les poteaux non créosotés en châtaignier, hauts de 7 m. 50, sont séparés l'un de l'autre par une distance de 30 mètres. Ils sont assez robustes pour pouvoir supporter d'autres câbles si le besoin s'en faisait sentir ultérieurement. Neufs et avec un seul câble, leur coefficient de sécurité est de 9 environ par les plus mauvais temps ; ce coefficient diminuerait évidemment si l'on posait d'autres câbles ; il diminuera fatalement lorsque la pourriture attaquera le pied des poteaux, jusqu'au jour où il sera nécessaire de remplacer ceux-ci. La plupart des appuis proviennent des forêts voisines de la ligne. Dans d'autres sections, on se propose d'utiliser des poteaux

injectés en châtaignier ou en cèdre ou encore des poteaux en sapin créosotés qu'on a reconnus plus économiques.

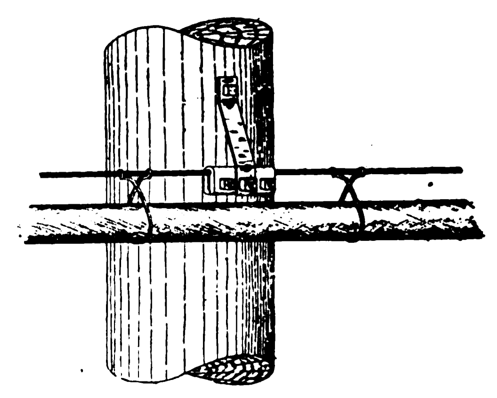


Fig. 5. — Suspension du câble porteur et du câble téléphonique.

Le câble porteur en fil d'acier galvanisé a une résistance à la rupture de 7.200 kilos; dans des conditions normales il résiste à

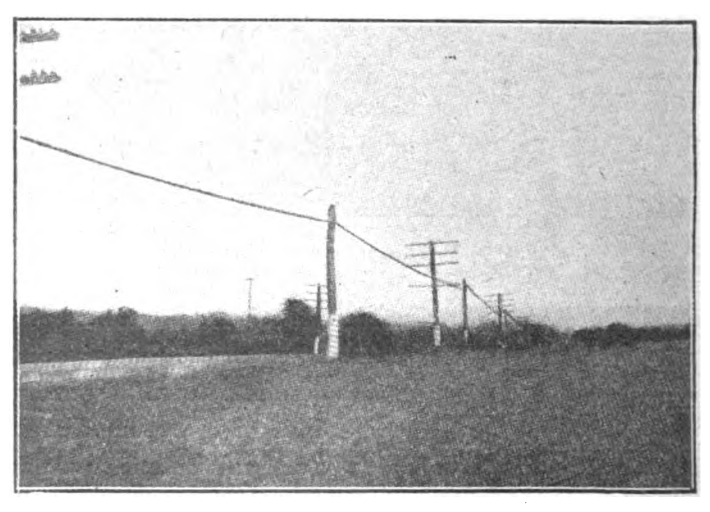


Fig. 6. — Câble aérien de la route de Lincoln, appelé à remplacer la ligne sur traverses qu'on voit au dernier plan.

une traction de 3.200 kilos. Lorsqu'on place le câble porteur, on règle avec soin sa tension de façon à ce que le câble téléphonique ait une flèche convenable ; on a recours pour cela à la

méthode pendulaire (« oscillation method »). Les bagues de suspension sont posées à 40 centimètres l'une de l'autre ; un pied 0 m. 3(004) de câble pèse environ 3 kg. 400.

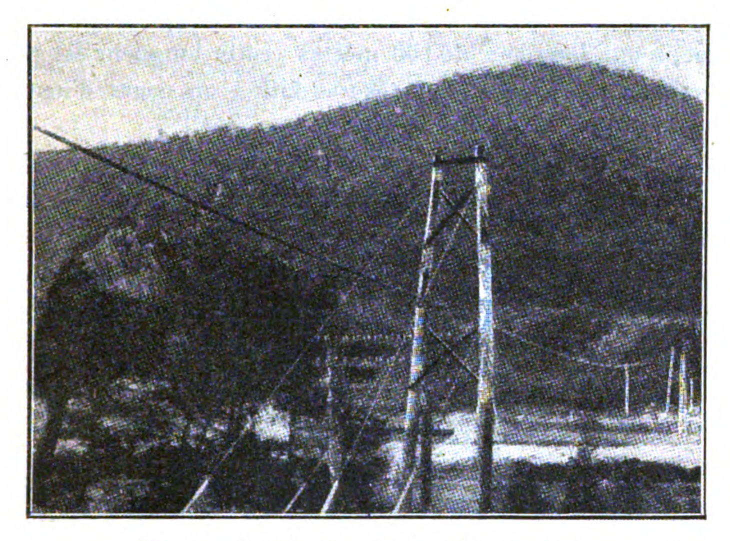


Fig. 7. — Le câble franchit la rivière Juniata.

Le diamètre et la facture du câble varient suivant le nombre des circuits à prévoir sur les différentes sections, mais en général

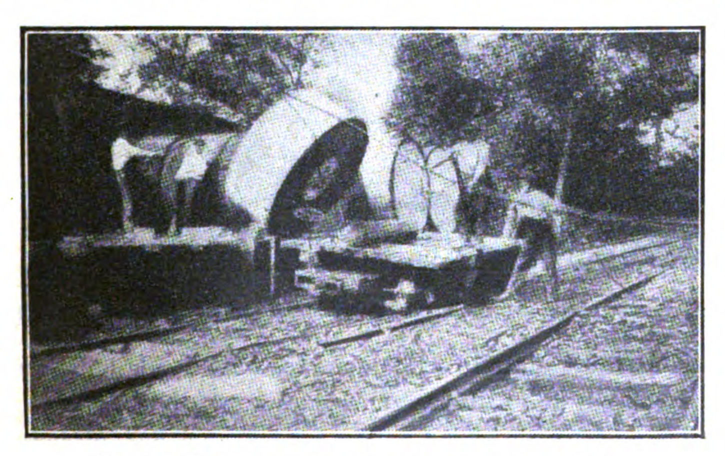


Fig. 8. — Chemin de fer à voie étroite et wagon plat.

le diamètre est le plus grand qui soit pour un câble téléphonique,

c'est-à-dire : 0 m. 065. L'enveloppe est en plomb antimonieux ; son épaisseur est d'environ 3 mm. ; dans des conditions normales, elle est imperméable à l'air ; l'humidité ne peut donc endommager le câble. Une section de câble, telle qu'elle arrive de l'usine, a une longueur de 150 mètres ; cette longueur est particulièrement favorable aux mesures faites en cours d'installation.

Pour amener câble et matériel de construction à pied d'œuvre, on s'est servi, partout où cela était possible, de chemins de fer à voie étroite. La figure 8 représente des wagons plats servant à transporter les bobines de câble. Sur la figure 9, on voit deux tracteurs de 5 tonnes arrivés au sommet de la montagne. Le manque de routes et les accidents de terrain ont imposé ce mode de transport des bobines qui pèsent 2.250 kilos. Même avec ces moyens, on ne pouvait pas toujours amener les bobines au point

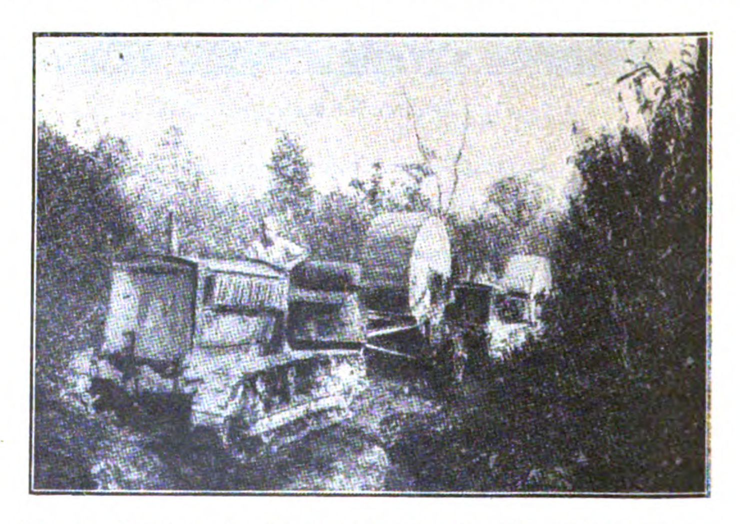


Fig. 9. — Tracteurs distribuant les bobines de câble en pleine brousse.

voulu. On tirait alors le câble dans les bagues de suspension, quelquefois sur une distance supérieure à un kilomètre.

Au moment de la construction, on effectue des mesures en trois points différents de chaque section de pupinisation lorsqu'une section est raccordée à la suivante, c'est-à-dire qu'on effectue

trois séries de mesures tous les 1.800 mètres environ. Ces mesures permettent de trouver quel est le groupement de circuits qui garantira le minimum d'interférence mutuelle; les épissures sont faites en conséquence.

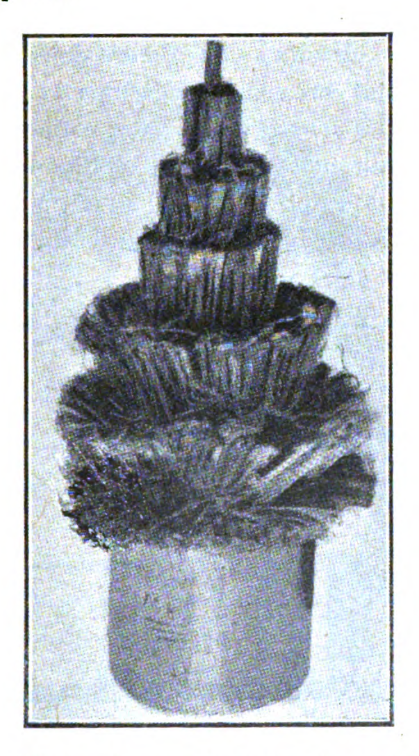


Fig. 10. — Câble dont une partie de l'enveloppe a été enlevée.

Une des plus importantes sections compte 19 groupes de paires combinables (« quads ») en fil de cuivre pur n° 16 (jauge américaine) et 120 groupes de paires combinables en fil de cuivre n° 19 (jauge américaine). Les 139 groupes de paires combinables procurent donc 417 circuits (139 × 3), c'est-à-dire autant qu'en pourraient supporter 14 lignes sur poteaux; mais, comme on le verra un peu plus loin, il faudra parfois utiliser deux de ces circuits pour se procurer une liaison téléphonique lorsque les distances sont très grandes; on compte, de ce fait, obtenir environ 300 circuits téléphoniques en service régulier. En aérien, il fau-

drait 10 lignes sur poteaux pour se procurer les mêmes facilités. On pense qu'avec ce nombre de liaisons, on pourra faire face aux extensions susceptibles d'être réalisées d'ici 10 ans, même après avoir relevé un certain nombre de lignes aériennes en service aujourd'hui.

Le nombre des circuits à comprendre dans un câble de cette importance pouvant être connu longtemps à l'avance, on a toute facilité pour le faire construire, et pour estimer le montant des dépenses. Ces études ont une très grande importance et doivent porter sur les frais de premier établissement ainsi que sur les frais d'exploitation et d'entretien pendant les périodes envisagées.

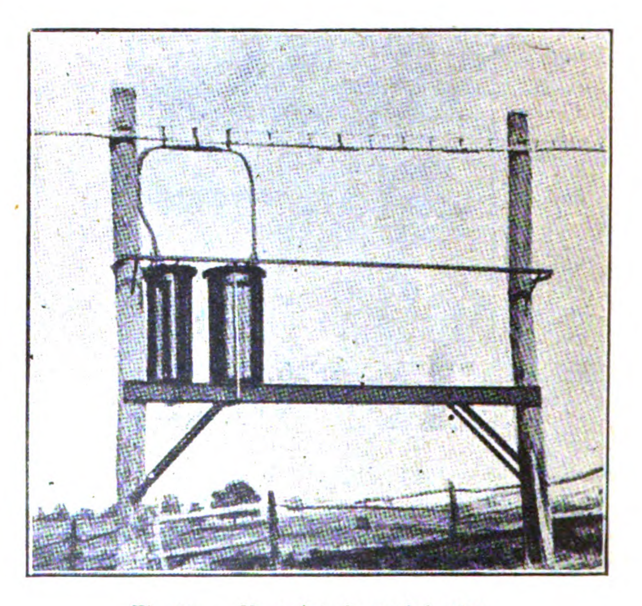


Fig. 11. — Un point de pupinisation.

Pupinisation. — Tous les circuits du câble sont destinés à être pupinisés. Un certain nombre le sont déjà : les bobines Pupin sont placées tous les 1.800 mètres.

Les bobines intercalées sur les circuits en fil n° 19 du câble ont une inductance de 0,175 henry ; sur ces circuits les pertes par affaiblissement sont égales à un tiers seulement de celles constatées sur les mêmes circuits non pupinisés.

Les bobines sont placées dans des cylindres en fer auxquels elles sont fixées intérieurement. La figure 11 montre deux cylindres installés en pleine campagne. Chacun d'eux renferme 36 groupes de 3 bobines chacun. Les cylindres ont, à chaque bout, un diamètre de 0 m. 60 ; leur hauteur est de 1 m. 05 environ ; ils pèsent 1.125 kilos environ.



Fig. 12. — Noyau d'une bobine Pupin.

Lors de la pose du câble, on place des manchons supplémentaires en plomb aux points de pupinisation. On prend suffisamment de mou pour permettre d'installer 4 autres cylindres à bobines lorsqu'on pupinisera les autres circuits ultérieurement. Comme on le verra plus loin, il importe d'espacer uniformément les points de pupinisation pour obtenir une impédance caractéristique convenable des divers circuits. Sur la figure 12 on voit le noyau d'une bobine Pupin. La figure 13 représente plusieurs bobines embrochées sur un axe commun et sur le point d'être placées dans le cylindre ; celui-ci peut renfermer sept broches identiques ; une fois celles-ci en place, il sera rempli de compound et fermé hermétiquement.

Relais téléphoniques (*répéteurs*). — Même après avoir amélioré la qualité de la transmission et réduit les pertes d'affaiblissement au moyen de bobines Pupin, on n'obtenait une audition satisfaisante qu'à une distance de 160 kilomètres ou de 96 kilomètres sur les circuits en fil n° 16 et n° 19 respectivement ; on

était bien loin de compte par conséquent puisqu'on rêvait de communiquer à des distances pouvant atteindre 1.600 kilomètres. L'emploi des répéteurs a permis de résoudre le problème.

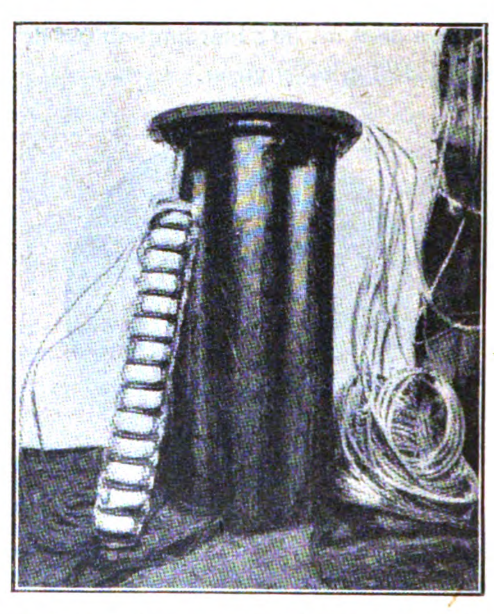


Fig. 13. — Bobines Pupin embrochées avant mise en place dans le cylindre en fer.

Transmission. — La résistance des conducteurs de faible diamètre influe beaucoup sur les pertes de transmission d'un circuit de câble. La résistance d'un circuit bifilaire en fil de cuivre n° 19 est de 88 ohms environ par mile (1.809 mètres) ; pour une ligne très longue, cette résistance atteint des valeurs considérables. Le câble étant en majeure partie aérien, la résistance des conducteurs, et, partant, les pertes de transmission, varient suivant l'heure de la journée et surtout suivant la saison. Ces variations sont tellement importantes qu'il a fallu munir certains groupes de très longs circuits de régulateurs automatiques de la transmission. Si l'on veut éviter que le service en souffre réellement, il faut surveiller attentivement les variations des équivalents de transmission des circuits et prendre d'urgence les mesures qui s'imposent.

Télégraphe. — Sur le parcours Philadelphie-Pittsburgh tous les longs circuits téléphoniques sont pratiquement appropriés, c'est-à-dire qu'ils servent à la téléphonie et télégraphie simultanées. Les lignes télégraphiques qu'on se procure ainsi sont généralement louées à des abonnés (agences de presse, journaux, banques, etc...). Les lignes fonctionnent en duplex ou non ; la terre sert de fil de retour ; les courants de lignes sont d'environ 75 milliampères en moyenne. Mais ce système ne peut fonctionner sur des circuits aussi longs que ceux du câble qui nous occupe ; aussi a-t-on imaginé sur le réseau de câbles interurbains Bell un nouveau système de télégraphie, qui n'utilise plus la terre comme fil de retour. De plus, on a limité l'intensité du courant de ligne à 3, 4 et 5 milliampères pour combattre les divers phénomènes d'interférence entre fils télégraphiques et entre ceux-ci et les lignes téléphoniques. La transmission des signaux morse gêne l'exploitation téléphonique lorsque les appareils chargés de séparer les courants de conversation des courants télégraphiques n'empêchent pas complètement ceux-ci d'atteindre l'installation téléphonique. Sur les circuits en fil n° 19, les répéteurs télégraphiques sont placés tous les 160 kilomètres environ ; ils sont légèrement plus rapprochés sur les fils n° 16. Les relais télégraphiques sont logés dans les mêmes bâtiments que les répéteurs téléphoniques. Sur le câble Philadelphie-Pittsburgh, on installera les relais télégraphiques d'abord à Philadelphie, Harrisburg et Pittsburgh.

Tables d'essais. — Tous les conducteurs du câble sont amenés dans des postes de mesures, distants l'un de l'autre d'environ 80 kilomètres, et où l'on peut procéder régulièrement aux essais permettant de se rendre compte de l'état du câble et de réparer rapidement les défauts, le cas échéant. C'est dans ces bureaux que les divers organes de retransmission sont raccordés aux circuits ; on y trouve entre autres : des répéteurs pour circuits fantômes, les dispositifs d'appropriation, les relais télégraphiques, les répéteurs téléphoniques avec les circuits d'équilibrage, des appareils de signalisation, et enfin, lorsque la chose est nécessaire, les meubles téléphoniques indispensables à l'établissement

de certaines communications. Il faut que cet appareillage existe en quantités suffisantes et soit agencé de manière à ce qu'on puisse permuter les circuits en cas de besoin. Dans ce but, les circuits sont amenés sur les jacks de meubles de mutations et de mesures. Dans certains postes à relais (celui de Bedford par exemple), le meuble ne compte pas un nombre de positions aussi grand que celui-ci ; chaque position est large de 90 centimètres et numérotée.

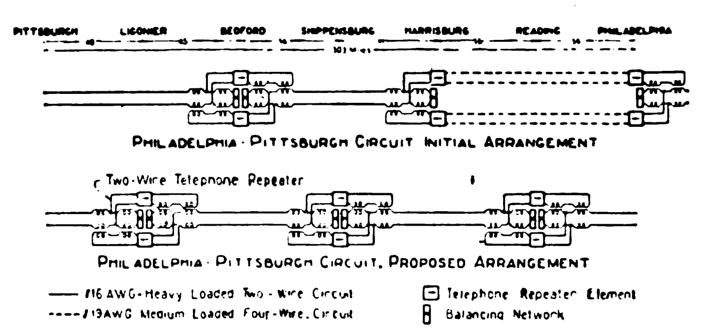


Fig. 14. — Deux agencements différents du câble Philadelphie-Pittsburgh.

Postes et usines génératrices. — Les répéteurs téléphoniques du type à 2 ou à 4 fils sont reliés aux circuits du câble tous les 80 ou 160 kilomètres, suivant qu'il est plus avantageux en tenant compte de la nature du service à assurer sur les circuits. Nous avons dit que les relais télégraphiques étaient installés tous les 160 kilomètres. On s'est servi en certains endroits des bureaux de l'exploitation existants, mais, ailleurs, il a été parfois nécessaire de construire des bâtiments spéciaux pour loger les répéteurs, les tables d'essais, etc... C'est ainsi qu'on a construit des postes nouveaux, à l'épreuve du feu, à Shippensburg, Bedford et Ligonier ; ces bâtiments ont 25 mètres sur 15. Des centrales d'énergie sont installées dans ces postes pour fournir le courant aux divers appareils ; des batteries d'accumulateurs doublent les dynamos et les remplacent lorsqu'elles sont momentanément mises hors service. Donnons quelques chiffres a titre d'indication. Les batteries à 24 volts de la station de Bedford ont une capacité de 2.240 ampères-heures ; c'est en moyenne ce qu'on

consomme en 24 heures. Lorsqu'on exploite de nouveaux circuits, on renforce l'installation génératrice et on met en ligne de nouveaux répéteurs. Il existe aussi, dans les stations, des petites batteries d'accumulateurs qui peuvent donner des courants sous 30, 120 et 130 volts.

Agencement des circuits. — La figure 14 représente la constitution d'un circuit Philadelphie-Pittsburgh suivant deux méthodes différentes, et la figure 15, l'agencement d'un circuit New York-Pittsburgh. Dans les trois cas, les circuits téléphoniques sont calculés pour donner un équivalent de transmission de 12 miles de câble standard environ. Quelques circuits du premier type (qui n'est pas le plus avantageux) sont en service depuis plusieurs mois entre Philadelphie et Harrisburgh. Il existe des répéteurs à 4 fils dans ces deux villes. A Harrisburg, le circuit à 4 fils est relié à un circuit à deux fils n° 16 ; c'est à Bedford qu'est le répéteur à 2 fils. Cette installation n'est que provisoire ; elle permet l'exploitation du câble jusqu'à ce qu'on la remplace par le deuxième système.

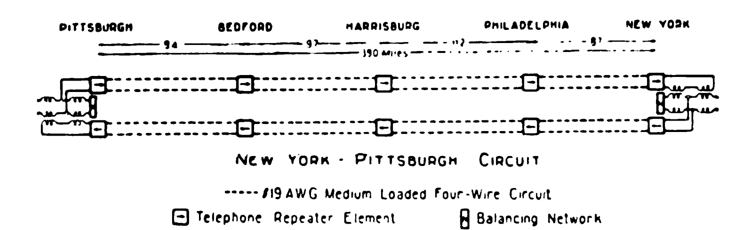


Fig. 15. — Equipement d'un circuit New York-Pittsburgh.

Dans l'exemple 2, les conducteurs en fil n° 16 sont fortement pupinisés et il existe des répéteurs à 2 fils à Reading, Shippensburg et Ligonier. Sans répéteurs, l'équivalent total de transmission de ce circuit est d'environ 50 miles de câble standard ; donc pour abaisser l'équivalent à 12 miles, il faut que chacun des trois répéteurs puisse donner un gain de transmission de 13 m. c. s. environ. Il est évident que ce circuit ne pourrait être utilisé téléphoniquement sans répéteurs.

Le troisième exemple montre comment seront équipés les circuits New York-Pittsburgh. Les fils sont du type n° 19 ; des

répéteurs à 4 fils sont installés à New York, Philadelphie, Harrisburg, Bedford et Pittsburgh.

Le câble n'ayant que des conducteurs de deux diamètres différents seulement, il est clair qu'on peut néanmoins varier la constitution des circuits entre postes successifs et s'efforcer de choisir la combinaison la plus sûre et la plus avantageuse pour chaque groupe de circuits. Les installations citées plus haut assurent un bon service commercial entre les postes extrêmes indiqués ; si les circuits devaient être raccordés à d'autres desservant des localités encore plus éloignées, il faudrait modifier les équipements en conséquence. Les conducteurs téléphoniques peuvent toujours être appropriés et l'on obtient ainsi des fils télégraphiques qu'on peut exploiter en même temps que les liaisons téléphoniques.

Le réseau télégraphique sous-marin

La télégraphie sous-marine compte un peu plus d'un demi-siècle d'existence.

C'est en 1861 que fut posé, dans le détroit du Pas-de-Calais, par des fonds qui ne dépassaient pas 40 mètres, le premier câble sous-marin d'une longueur de moins de 40 km. En 1857 fut faite la première tentative pour relier par un câble sous-marin l'Irlande et Terre-Neuve ; les profondeurs sur le parcours allaient jusqu'à 4.300 mètres ; la longueur de câble était de 1.850 milles nautiques (1 mille nautique, ou une minute d'arc de méridien terrestre, vaut 1.852 mètres; 1 km. vaut 0,54 m. m.) ; cette tentative fut infructueuse.

En 1865-1866 eut lieu, avec succès cette fois, la pose d'un câble sous-marin entre l'Irlande et Terre-Neuve (compagnie du Great Eastern).

Ce câble de 1865 existe encore en partie ; sa mise en service a marqué la fin des tâtonnements et le point de départ de l'ère industrielle de la télégraphie sous-marine ; de 1861 à 1865 des câbles divers avaient été posés, tous de longueur moindre que celle du premier câble transatlantique, par des profondeurs notablement plus petites, dans des mers plus calmes, et cependant, plus de la moitié de ces câbles était déjà définitivement abandonnée, à l'époque de la première liaison de l'Europe et de l'Amérique.

Depuis 1865, la télégraphie sous-marine s'est développée d'une façon continue, suivant une progression qui ne s'est nullement ralentie depuis l'apparition de la télégraphie sans fil.

Nous allons donner un aperçu sommaire sur le réseau télégraphique sous-marin.

I. — Cables français du réseau d'état.

Le réseau sous-marin français comporte des câbles qui sont la propriété de l'État, et qu'exploite l'Administration des Postes et Télégraphes, et aussi des câbles appartenant à des compagnies privées, exploitées par elles sous le contrôle de l'État qui, d'ailleurs, les subventionne.

Le réseau d'État comprend d'abord les câbles côtiers, qui donnent une communication entre les îles et la côte : sauf une, sont reliées au continent par un câble au moins, toutes les îles habitées : Ile Pelée, Chausey, Bréhat, Batz; Ouessant, Molène, Sein, Peufret, île aux Moines, Groix, Belle-Ile, Houat, île du Pilier, Noirmoutier, Yeu, Ré, Aix, Oléron, dans l'Océan; et, dans la Méditerranée : Ile Ratonneau, Porquerolles, les îles d'Hyères, Saint-Honorat, Sanguinaires et enfin la Corse. (Plusieurs de ces câbles sont des câbles téléphoniques.)

Dans la mer du Nord existent les câbles franco-anglais, propriété commune des deux gouvernements, et entretenus de compte à demi par les deux offices. Jusqu'en 1914, ces câbles, au nombre de 7, donnaient un total de 34 conducteurs entre les deux pays :

les câbles de 1851 et de 1891, chacun de 4 conducteurs, entre Sangatte, près Calais, et Saint-Margaret's Bay, près Douvres ;

le câble de 1897 (4 conducteurs) entre Sangatte et Abbot's Cliff, près Douvres;

le câble de 1859 (6 conducteurs) et le câble de 1897 (4 con ducteurs), entre le cap Gris-Nez et Abbot's Cliff ;

le câble de 1861 (6 conducteurs), entre le Puys, près Dieppe, et Beachy Head ;

le câble de 1870 (6 conducteurs), entre le cap d'Antifer et Beachy Head.

Depuis la guerre, le nombre des conducteurs reliant la France et l'Angleterre a été doublé :

en 1917 ont été posés 4 câbles à 4 conducteurs, atterrissant (en France) à Sangatte, Dunkerque ou au cap d'Antifer ;

en 1918 ont été posés 5 câbles, dont un à 6 conducteurs et les autres à 4.

En plus des câbles cités, il existe des câbles reliant la France à l'île de Jersey.

L'Administration des Postes et Télégraphes possède quatre câbles à un conducteur entre Marseille et Alger : les câbles de 1871, 1879, 1880, et enfin de 1913 ; le câble Marseille — Oran de 1891, prolongé en 1902 par Oran — Tanger, et en 1905 par Tanger — Cadix ; le câble Marseille — Bizerte de 1893... La pose et l'entretien de ces câbles offrent une certaine difficulté, du fait que l'on rencontre en Méditerranée de grands fonds (2.400 m. dans le golfe du Lion, et, plus au sud, 2.950 m.).

La Corse est reliée à Toulon par le câble de 1891 atterrissant à Ajaccio, et à Antibes par le câble de 1878 atterrissant à Saint-Florent.

L'Administration possède en outre un réseau colonial comportant d'abord le Brest — Dakar de 1905, fabriqué en France et posé par un câblier français à des fonds qui atteignent 5.000 mètres dans le golfe de Gascogne. Ce câble se trouve prolongé au-delà de Dakar par les câbles Dakar — Saint-Louis (1885) ; Saint-Louis — Ténériffe (1884-85) ; Dakar — Konakry (1902) ; Konakry — Monrovia ; Monrovia — Grand-Bassam ; Grand-Bassam — Kotonou (1902) ; Kotonou — Libreville (1902). Ainsi se trouvent reliées par câbles à la métropole les possessions africaines de la côte occidentale. Sur la côte orientale de l'Afrique, appartiennent encore au gouvernement les câbles Majunga — Mozambique de 1895 ; Tamatave — Saint-Denis (Réunion) de 1906, Saint-Denis — Port-Louis (île Maurice) de 1906.

Nos colonies de l'Extrême-Orient sont desservies (quant au réseau d'État) par les câbles Tourane (Tonkin) — Amoy (Chine) de 1901, Cap Saint-Jacques (Cochinchine) — Pontianak (Bornéo) de 1906.

Le gouvernement français vient en tête des administrations gouvernementales, pour la longueur de son réseau. Il possède la moitié du réseau français : la longueur totale des câbles français est un peu supérieure à une fois et demi le tour de la terre. C'est le neuvième du développement mondial.



Pour entretenir et réparer les câbles, l'État français possède deux navires câbliers, équipés de façon spéciale, auxquels est attaché un personnel particulier. La « Charente », achetée en 1862, est peut-être le plus vieux navire naviguant. Son port d'attache est le Hâvre. Elle a participé à la pose et à l'entretien de différents câbles méditerranéens. L' « Émile Baudot », construit en Angleterre, est plus moderne et plus confortable. Il entretient les câbles de la Méditerranée. Il ne pourrait travailler à des fonds de 5.000 mètres.

II. — Autres cables français et cables étrangers.

La Compagnie française des câbles télégraphiques, familièrement appelée compagnie P.-Q. (Pouyer-Quertier), possède deux câbles transatlantiques : le câble Brest — Saint-Pierre de 1879, continué par le câble Saint-Pierre — Cap Cod (États-Unis) de 1879 ; et le câble Brest — Cap Cod de 1898, continué par le Cap Cod — New York de 1889.

En outre, elle dessert les Antilles, Curaçao, le Vénézuéla, les Guyanes française et hollandaise, Para (Brésil), et relie la Nouvelle-Calédonie à l'Australie.

Le câble Brest — Cap Cod de 1898 est le plus long câble français (3.200 milles nautiques, c'est-à-dire 5.900 kilomètres). Il est posé à des fonds qui atteignent 4.500 mètres. Il a été fabriqué par une société française : la Société industrielle des Téléphones.

Câbles transatlantiques. — En plus des deux câbles, précédemment cités, de la Compagnie P.-Q., il existe, pour relier l'Europe à l'Amérique du Nord, 15 câbles transatlantiques.

Le premier câble transatlantique, posé en 1858, n'a permis de faire que trois ou quatre émissions de dépêches, puis s'est tu...

C'est seulement en 1865 que la liaison par câble, de l'Europe à l'Amérique du Nord, a été assurée. Le câble de 1865 n'est d'ailleurs plus en service actuellement.

Les câbles transatlantiques actuellement en service, les plus anciens, appartiennent à l'Anglo American Telegraph C°. Ce sont les câbles de 1873 et 1874, entre Valentia (Irlande), et

Heart's Content. La même société possède les câbles de 1880 et de 1894, ayant les mêmes atterrissages que les précédents. Ces premiers sont relativement courts (1850 milles environ).

L'Anglo, société anglaise, est actuellement associée à un groupe de sociétés américaines, la Western Union Telegraph C°. Ce groupe possède trois câbles ayant leur atterrissage en Cornouailles, et aboutissant à Terre-Neuve, où ils se prolongent par d'autres câbles vers le Canada et vers New York.

La Commercial Cable Company possède 5 câbles partant de Waterville (Irlande), et aboutissant à Saint-Jean-de-Terre-Neuve (2 câbles), Causo (Canada) (2 câbles) et Fayal (1 câble) avec prolongement sur Causo.

La Direct United States Cable C° exploite un câble entre l'Irlande et Halifax. Ce câble appartient au réseau impérial britannique. Il existe en outre deux anciens câbles allemands transatlantiques : depuis le traité de paix de Versailles, le premier est la propriété du gouvernement britannique et dessert Fayal et Halifax, le second est exploité par la Compagnie P.-Q. et va de Brest à New York, avec station de relais à Fayal.

Fayal, dans les Açores, est ainsi un centre télégraphique important, puisque y atterrissent 9 câbles importants : les six câbles transatlantiques indiqués précédemment, et en outre le câble Fayal — Porthcurno (Angleterre) de l'Eastern Telegraph C°, le câble Fayal — Saint-Michel, prolongé par Saint-Michel — Lisbonne et le câble Fayal — Saint-Vincent de la Western Telegraph C°. Saint-Vincent est également un centre télégraphique important. C'est par son intermédiaire ou celui de l'île de l'Ascension, que se font en grande partie les relations de l'Europe ou de l'Afrique occidentale avec l'Amérique du Sud.

En plus du câble Fayal — Saint-Vincent, cette île reçoit d'Europe les deux câbles Saint-Vincent — Madère de la Western C° qui se prolongent par deux câbles Madère — Lisbonne ; et le câble Saint-Vincent — Madère de l'Eastern Union Telegraph C°, qui se prolonge par le câble Madère — Porthcurno (Angleterre). Saint-Vincent est reliée directement à Pernambouc (Brésil) par deux câbles de la Western, avec possibilité de com-

muniquer ainsi avec Bahia, Para (Brésil), Rio de Janeiro,... etc., grâce à l'important réseau côtier de la Western.

Un câble de l'African Direct Telegraph C° relie Saint-Vincent aux îles du Cap Vert, d'où il continue sur Bathurst et se prolonge par le réseau côtier d'Afrique de cette compagnie, qui dessert Sierra Leone, etc... Enfin deux câbles de l'Eastern Union relient l'île Saint-Vincent à l'île de l'Ascension. Celle-ci est reliée directement à Buenos-Ayres, Rio de Janeiro et l'île Saint-Hélène, qui elle-même communique avec Cape Town.

La côte d'Afrique et la côte d'Amérique sont festonnées de câbles.

Tant sur la côte occidentale que sur la côte orientale, des câbles de longueur parfois importante relient entre elles l'Amérique du Nord et l'Amérique du Sud.

Câbles du Pacifique. — La pose des câbles transpacifiques est relativement récente.

La ligne de 1922 est exploitée par le Pacific Cable Board, service d'État britannique. Elle comporte les câbles Vancouver (Canada) — île Fanning — Suva (Fidji), île Norfolk — Southport (Queensland), et île Norfolk — Doubtless-Bay (Nouvelle-Zélande).

Le câble Vancouver — Fanning est le plus long câble sous-marin du globe : 3.460 milles nautiques, c'est-à-dire 6.400 kilomètres.

La seconde ligne transpacifique est exploitée par une compagnie américaine, la Commercial Pacific Cable C°. Elle comporte les câbles San Francisco — Honolulu (Iles Hawaï), Ile Midway — Ile Guam (archipel des Mariannes), posés en 1902 et 1903.

Guam est relié à Manille par le câble de 1903, et Manille à Shanghaï par le câble de 1906, de la même compagnie.

La compagnie Deutsch-Niederländische Gesellschaft possédait le câble de 1905 reliant Guam à Jap, et le câble de 1905 Jap — Shanghaï.

Shanghaï est une importante station d'où partent des câbles desservant la Chine et le Japon, et propriétés de la Compagnie générale des Télégraphes du Nord (société danoise).

Le Japon possède un très important réseau de câbles sous-marins reliant entre elles les différentes îles qui constituent le pays...

Câbles des mers de l'Inde. — Les mers de l'Inde sont sillonnées par un réseau assez complet de câbles appartenant à l'Eastern Extension, Australasia and China Telegraph C°. Singapour se trouve ainsi relié directement à Penang, Malacca, Batavia, l'île de Java, Saïgon, Labuan. Hong Kong est relié directement à Saïgon, Manille, Macao...

Citons enfin les importantes lignes Perth (Australie) — Iles Cocos, île Rodrigues — île Maurice (câbles de 1901),... et Batavia — îles Cocos, qui relient l'Australie ou l'île de Java à l'Afrique occidentale.

Câbles de la Méditerranée. — En plus du réseau français (câbles franco-algériens) et des réseaux côtiers nationaux, nous devons citer l'existence, dans la Méditerranée, du réseau occidental de Malte reliant directement cette île à Gibraltar, Bône, Tripoli... et du réseau Malte-Alexandrie. Le câble Alexandrie — Port-Saïd, les liaisons télégraphiques terrestres Alexandrie — Suez, Port-Saïd — Suez, les câbles Suez — Perim — Aden assurent la liaison de Gibraltar aux câbles qui desservent l'Inde : Aden — Bombay, Aden — Ceylan...

Cet important réseau appartient à l'Eastern Telegraph C°.

Compagnies de câbles. — Le réseau télégraphique sous-marin, dont nous venons de donner un aperçu sommaire, est la propriété d'administrations gouvernementales, ou de compagnies privées.

Il y a environ une trentaine de gouvernements qui possèdent des câbles ; mais, exception faite des câbles français, anglais et japonais, les câbles d'État sont de moyenne ou de petite longueur.

Nous avons dit que le gouvernement français vient en tête des administrations gouvernementales pour la longueur de son réseau : le développement de celui-ci est, à lui seul, presque le tiers des autres réseaux gouvernementaux réunis.

Une trentaine de compagnies privées se partagent la propriété des autres câbles, dont le développement est un peu supérieur à 4 fois 1/2 celui des câbles gouvernementaux.

Toutes les compagnies de câbles ne sont pas distinctes en réalité. Certaines d'entre elles sont associées en groupes.

Le plus important de ces groupes est celui de l'Eastern Telegraph Company, comprenant 8 compagnies (en particulier la Western Telegraph C°, l'Eastern Extension, etc...). Son réseau a pour développement les 9/10 du développement totalisé des autres compagnies...

Si l'on mettait à la suite les uns des autres, suivant un méridien terrestre, tous les câbles sous-marins actuellement existants, la ceinture ainsi formée ferait onze fois le tour de la terre.

La flotte télégraphique mondiale comporte une cinquantaine de navires câbliers.

UNE APPLICATION DU SYSTÈME GANTT [1]

DANS UN ATELIER DE CONSTRUCTIONS MÉTALLIQUES (2)

Il est très généralement admis, qu'une organisation rationnelle des conditions de travail, ainsi que l'adoption d'un mode judicieux de rétribution de l'ouvrier, ont pour effet d'accroître la production et d'améliorer le prix de revient. Cependant, beaucoup d'usines ou d'ateliers — même importants — continuent à travailler suivant d'anciennes formules, et ne peuvent se résoudre à essayer d'appliquer les méthodes que Taylor, Gantt, leurs émules ou leurs disciples, ont préconisées, et qu'une expérience déjà assez longue consacre. Les raisons de ce fait ne sont-elles pas, d'une part, qu'il apparaît comme extrêmement difficile de remanier complètement l'organisation d'une entreprise en plein fonctionnement, d'autre part qu'il est toujours assez délicat de soumettre à un régime nouveau, le personnel surveillant et le personnel ouvrier? Il est donc très intéressant et très instructif d'assister à l'introduction partielle et progressive d'un système d'organisation rationnelle dans un établissement industriel, en plein fonctionnement. M. Antoine, ingénieur des Ponts et Chaussées, a exposé dans une conférence donnée le 8 juin, — sous les auspices du « Comité d'organisation rationnelle » (Fondation Michelin) — ce qui a été fait récemment dans ce sens, sur ses indications, dans un atelier de constructions métalliques de Strasbourg. Nous allons résumer quelques points importants de cette conférence.

L'établissement en question occupe 300 ouvriers environ et comporte 3 sections : I. Construction de matériel roulant

(1) Travail à la tâche avec boni.
(2) Note remise par M. Chavasse, ingénieur des Postes et Télégraphes.

(wagonnets, berlines de mines...). — II. Grosse construction (pylones et charpentes métalliques). — III. Quincaillerie.

Deux circonstances devaient favoriser l'introduction d'un système nouveau. On entrevoyait, dans la première section, la fabrication de wagonnets en séries importantes, condition excellente pour l'application des méthodes d'organisation rationnelle. D'un autre côté, un renouvellement récent d'une grande partie du personnel avait permis à la direction de se réserver la possibilité de modifier éventuellement les bases des salaires.

Conformément aux idées de Gantt, dont les ouvrages ont servi de guide aux organisateurs, on décida en premier lieu de préciser les attributions que chacun devait avoir dans la maison. La chose était à faire : par suite du développement rapide de l'entreprise, le travail des chefs de service était, en effet, mal défini. De là des conflits entre bureaux voisins, de là un manque général de responsabilités...

Et, en même temps que l'on remaniait les différents services, on donna à certains d'entre eux une importance plus grande que celle qu'ils avaient auparavant : on érigea un bureau particulier de préparation de travail, de contrôle et d'établissement du prix de revient.

L'organisation nouvelle fut consignée sur un tableau des différents services de la société, tableau indiquant à chacun ses fonctions et son poste exacts, l'autorité dont il relève, lès subordonnés placés sous ses ordres. Constamment mis à jour, ce tableau est affiché à divers endroits. Il permet en particulier de s'adresser, pour un objet déterminé, à la personne compétente et responsable, ce qui évite à la fois des pertes de temps et des confusions d'attribution.

Une habitude nouvelle fut prise, celle de rédiger des tableaux d'ordonnancement détaillés.

L'ordonnancement d'un atelier consiste : 1° à déterminer la bonne disposition des machines et des ouvriers, pour que les travaux soient faciles à exécuter et pour que les manutentions soient réduites au minimum ; 2° à répartir convenablement le travail entre tous les chefs d'équipe et les ouvriers, de telle sorte

que la suite des opérations à effectuer pour réaliser une pièce complète, se poursuive sans accumulation de retards.

Il est certain, qu'en l'absence de tableaux spéciaux, on parvient à assurer la marche d'un atelier : il appartient aux chefs d'ateliers, contremaîtres, chefs d'équipe, d'assurer la répartition du travail entre leurs subordonnés, de telle manière qu'en tout temps, chacun ait une tâche à effectuer. L'expérience montre toutefois l'efficacité d'une préparation spéciale : quelle que soit sa bonne volonté, le personnel surveillant se montre souvent impuissant à dégager l'ordre logique et rationnel qu'il faut suivre pour assurer l'exécution d'un ensemble. Et comme l'absence d'un élément laisse en suspens toute opération comportant son utilisation (un montage partiel ou définitif, par exemple), il peut arriver qu'une équipe donnant toute son activité, livre les pièces qu'elle travaille en temps inopportun et entrave ainsi le travail de l'équipe voisine.

Les tableaux d'ordonnancement, tels qu'ils ont été préparés, notamment pour la construction en séries des wagonnets à voie de 60 ^{cm}, comportent un plan de l'atelier avec ses machines, l'indication de la succession des opérations à effectuer avec celle des machines, nommément désignées, qui seront utilisées à cet objet, l'indication des ouvriers ou des équipes qui exécuteront le travail, l'indication des dates où chaque opération devra être terminée.

Les tableaux d'ordonnancement permettent la rédaction quotidienne de plusieurs documents, par le bureau de préparation et contrôle du travail.

Tous les jours, les ouvriers reçoivent une carte individuelle, dite carte d'instruction indiquant la tâche qu'ils ont à fournir. Et, en fin de journée, des agents spéciaux appelés pointeurs, placés sous les ordres du chef du bureau de préparation, mentionnent la production totale accomplie, rassemblent les cartes et les remettent au bureau.

Connaissant donc, grâce à ces cartes, le travail exécuté dans la journée, le bureau de préparation rédige les cartes pour le lendemain, en tenant compte, naturellement, du tableau d'ordonnancement.

En outre, il peut mettre à jour l'état d'avancement de chaque commande. Il établit enfin des diagrammes généraux permettant à la direction et au chef de fabrication, de se rendre compte du rendement quotidien.

En plus de ces attributions, le bureau de préparation et contrôle joue un rôle de comptable : nous verrons plus loin qu'il détermine les primes distribuées aux ouvriers, en raison de leur rendement. La tenue du carnet des primes, jointe à la connaissance des salaires fixes, et à celle du travail exécuté, lui permet de faire la détermination quotidienne du prix de revient de la main-d'œuvre, et du salaire horaire moyen, pour un genre de travail déterminé. Ces renseignements sont, de toute évidence, extrêmement utiles pour la confection des devis relatifs à une fabrication déjà exécutée, ou voisine d'une fabrication connue.

Ces différentes statistiques sont également très précieuses, pour la recherche et la mise au point d'améliorations des méthodes de travail, car elles fournissent des éléments de comparaison certains et précis.

Lorsque la réorganisation générale des services fut ainsi faite, on se proposa d'appliquer, pour le payement des ouvriers, un système de salaires qui permît de reconnaître, de récompenser, et ainsi de maintenir le zèle et l'application au travail.

Alors se posa une question délicate à résoudre. Quel système de salaires allait-on adopter, et comment allait-on procéder pour mettre ce système en vigueur ?

Il faut savoir qu'antérieurement, tous les ouvriers étaient payés à l'heure, suivant un barême établi par le syndicat patronal du département. Ce barême classait les ouvriers en 5 catégories (professionnels de 1re et de 2e catégorie, manœuvres spécialisés, auxiliaires, jeunes ouvriers), et dans chaque catégorie, les salaires étaient fixés suivant un taux variant avec l'âge de l'ouvrier.

On convint d'appliquer le système de Gantt, du travail à la tâche avec gratifications : l'ouvrier reçoit, quelle que soit sa production, un salaire journalier (ou horaire) fixe, variant comme celui que déterminait le barême. Mais en plus de ce salaire fixe, l'ouvrier reçoit une prime chaque fois qu'il a accompli dans sa

journée de travail, la tâche qui lui a été assignée pour cette journée. La valeur de la prime et l'importance de la tâche journalière sont déterminées et indiquées lorsqu'une fabrication nouvelle est mise en train. Le taux des primes dépend seulement de la difficulté du travail à accomplir, et non de la catégorie ou de l'âge de l'ouvrier.

Les caractéristiques de ce système sont les suivantes :

L'ouvrier est assuré de recevoir son salaire de la journée, alors même qu'il n'a pas atteint l'habileté nécessaire pour donner tout le rendement que l'on attend de lui.

L'attribution d'un boni fixe pour une tâche déterminée, atténue un peu les différences de salaires, dues aux différences d'âge, et par suite rapproche un peu de la formule « à travail égal, salaire égal ».

Dès maintenant, indiquons comment fonctionne le service d'allocation des primes, en nous réservant d'indiquer plus loin la manière employée pour fixer les tâches journalières. L'allocation des primes se fait très simplement, au moyen des cartes d'instruction dont nous avons parlé précédemment.

A la fin de la journée, lorsque le bureau de préparation a reçu les cartes d'instruction du jour, visées par les pointeurs, il marque sur celles-ci l'indication du boni obtenu, ou bien l'indication (en signes conventionnels) : absent, ... salaire journalier.

La même mention est reproduite sur deux séries de carnets individuels mensuels : la première série de ces carnets est transmise au bureau commercial, pour payement aux intéressés. La seconde série de ces carnets est remise chaque jour aux titulaires, qui prennent ainsi connaissance de la prime qui leur a été allouée la veille, et remettent leur carnet aux pointeurs, en fin de journée, en même temps que leur carte d'instruction.

On a appliqué ici une observation sur laquelle insiste Taylor : il faut que chaque jour l'ouvrier connaisse le résultat de son effort ou de sa paresse de la veille.

Notons un détail d'exécution : les mentions des bonis se font à l'aide de cachets spéciaux, les mêmes pour les cartes et carnets ; ainsi est facilitée la tenue à jour de ces pièces et est évitée toute fraude.

Il reste à voir comment ont pu être fixées les tâches journalières...

Pour que le système du travail à la tâche avec gratifications ait toute sa valeur, il faut que la tâche journalière assignée représente assez exactement ce qu'un ouvrier actif, et employant les bonnes méthodes de travail, est susceptible d'exécuter... Fixer une tâche excessive, c'est priver du bénéfice des primes, la majeure partie du personnel, et le persuader ainsi que la promesse d'une récompense de son ardeur n'est qu'une mystification. Fixer une tâche beaucoup trop faible, c'est évidemment mettre un frein énergique à la production, car l'ouvrier ne cherchera certainement pas à travailler plus qu'on ne lui demande.

La méthode vraiment rationnelle de détermination des tâches repose sur l'étude scientifique des temps, suivant les méthodes longuement étudiées par les théoriciens.

Cependant cette étude est longue et difficile : la direction des ateliers s'est donc demandée, s'il n'y aurait pas un avantage plus grand à appliquer de bonne heure le système des primes, calculées sur des bases imparfaites, plutôt que d'ajourner sa mise en vigueur jusqu'à l'établissement de données indiscutables. Elle conclut pour l'affirmative.

Pour rassembler les premiers éléments, elle embaucha un pointeur, lui confia pour chaque ouvrier des cartes d'instruction en blanc, sur lesquelles il devait inscrire lui-même le travail quotidien accompli. Au bout de quelques semaines, on disposait ainsi de renseignements sur la production réelle de chaque ouvrier.

Cependant, on constata au bout de quelque temps, une diminution sensible de la production journalière : les ouvriers se sentant surveillés individuellement, et comprenant qu'on allait leur appliquer un nouveau système de salaire à la tâche, ralentissaient leur allure. Il fallait parer au plus vite à cet état de choses. Et d'autre part, les ouvriers réclamaient le plus tôt possible la fixation des tâches, dans l'espoir de gagner des primes.

La direction se voyait amenée à brusquer un peu les choses, et à aller plus vite qu'elle ne l'aurait désiré. On fixa donc les

tâches, en se basant sur les constatations faites, sur la production atteinte antérieurement, et sur les chiffres maxima estimés réalisables par les contre-maîtres. Ce n'était pas parfait certes; mais, comme l'indique M. Bertrand Thompson dans un de ses ouvrages, il est utile de passer le démêloir avant d'utiliser le peigne fin.

Ainsi fut donc appliqué le système à une section de l'atelier, celle des wagonnets, la seule qui à ce moment effectuait du travail en série. Ultérieurement, le système fut généralisé aux autres sections.

Le fonctionnement de l'atelier, dans les conditions nouvelles, laissait espérer la possibilité de faire à l'atelier des chronométrages, en vue de rassembler les éléments nécessaires pour mieux fixer les tâches, lorsque serait entreprise la fabrication de séries différentes. Une difficulté nouvelle se rencontra.

En présence du chronométreur, l'ouvrier ralentit temporairement sa production : on constata notamment qu'un ouvrier mettant trois minutes à percer une pièce lorsqu'il se sentait surveillé, ne mettait plus qu'une minute pour faire le même travail lorsque « l'homme en blouse blanche » était à l'autre bout de l'atelier et paraissait ne pas le voir.

En mettant à profit cette remarque, on a pu enregistrer de temps en temps quelques opérations et acquérir malgré tout une connaissance assez exacte du temps nécessaire pour chaque travail. Il semble pourtant que des données sérieuses ne seront obtenues qu'en aménageant spécialement un atelier en laboratoire d'étude du travail, en y faisant travailler quelques ouvriers convenablement choisis, et en procédant à l'étude détaillée des opérations élémentaires.

Quoi qu'il en soit, l'introduction partielle des méthodes de l'organisation rationnelle a donné déjà d'excellents résultats, qui encouragent vivement la direction de l'atelier à persévérer dans la voie où elle s'est engagée.

La seule introduction des cartes d'instruction quotidienne permet d'exercer un contrôle continu de la production : lorsqu'une diminution du rendement se produit, elle est constatée

sans délai : le chef de fabrication peut donc facilement et sûrement en rechercher la cause, en vue d'y remédier désormais. C'est ainsi qu'a été mise en évidence l'énorme importance que présente la régularité de l'approvisionnement en matières premières, ou en produits semi-ouvrés.

L'introduction du système de primes a été également heureuse. En dépit de la détermination un peu grossière des tâches, elle a constitué un stimulant efficace pour tous les ouvriers : beaucoup de ceux qui, au début, ne pouvaient atteindre la tâche assignée, sont parvenus plus ou moins rapidement à l'accomplir. Dans l'ensemble, on estime que le relèvement du rendement individuel a été, en quelques mois, de 30 °/₀ (une partie doit en être attribuée à la réorganisation des services). Le système des primes est très en faveur auprès du personnel.

CHRONOLOGIE DU TÉLÉPHONE

1854. — Publication de la suggestion de Bourseul sur la possibilité de la transmission de la parole par le courant électrique.

1875. — Réalisation du téléphone par Alexandre-Graham Bell — mots transmis à très courte distance.

1876. — Conversations tenues sur des distances de 3 kilomètres (ligne aérienne en fil nu).

1878. — Ouverture du premier bureau téléphonique à Newhaven (Connecticut).

1879. — Ouverture d'un bureau téléphonique à Paris.

1884. — Conversations tenues de Boston à New-York — (435 kilomètres, ligne aérienne en fil nu).

1886. — La France possède 27 bureaux téléphoniques.

Publication par Vaschy d'un mémoire démontrant l'utilité de la self-induction dans le phénomène de la propagation du courant téléphonique sur une ligne longue.

1891. — Prise du premier brevet Strowger sur la téléphonie automatique.

1892. — Conversations tenues de New-York à Chicago (1650 kilomètres, ligne aérienne en fil nu).

1894. — Publication par Barbarat d'un mémoire sur l'intérêt d'isoler au papier et non pas au caoutchouc les câbles téléphoniques.

1899. — Premier mémoire de Pupin sur les règles pratiques d'addition de bobines de self sur les longues lignes téléphoniques.

1900. — 675.000 postes téléphoniques aux États-Unis.

1902. — Conversations sur un câble téléphonique de 18 kilomètres.

1906. — Conversations sur un câble téléphonique de 160 kilomètres.

1915. — Conversation de Boston à San Francisco (6.700 kilomètres).

Commencement de mise au point des amplifications téléphoniques.

Expériences de Radiotéléphonie entre la Tour Eiffel et l'Amérique.

1921. — Conversation par câble téléphonique sous-marin entre La Havane et la Floride (220 kilomètres).

Conversation entre La Havane et l'île Catalina (10.000 kilomètres) par combinaison de téléphonie ordinaire et de radiotéléphonie.

Discours tenu par haut-parleur à une assemblée de 150.000 personnes.

1923. — 20.000.000 d'abonnés au téléphone sur la surface du globe.

Radiotéléphonie transatlantique réalisée avec succès pendant plusieurs heures.

L'organisation méthodique du Travail

ET SON APPLICATION AUX POSTES ET TÉLÉGRAPHES (1).

II

LES PRINCIPES D'ORGANISATION MÉTHODIQUE.

L'INTERVENTION DE TAYLOR.

Nous avons vu dans le chapitre précédent quelle était la situation de l'industrie quand, vers 1878, un jeune homme, appelé Taylor, ayant eu la curiosité de se rendre compte de ce qui se passait dans les ateliers, devint le promoteur d'un mouvement extrêmement important dans l'organisation du travail.

Études écourtées et apprentissage. — Frederick Winslow Taylor, né à Germantown, Pensylvanie en 1856, était le fils d'un avoué de vieille souche américaine. Dans son enfance, pour lui faire apprendre le français, on le confia à des parents de sa mère, les Winslow, qui équipaient des baleiniers au Hâvre. Il fréquenta donc les écoles de cette ville. Ayant fait également un séjour en Allemagne, il parlait couramment le français et l'allemand. Mais il n'était pas homme à faire grand cas du petit vernis cosmopolite que donne une pareille éducation et il regrettait que sa formation n'eût pas été conduite dès son plus jeune âge avec plus de suite.

Rentré aux États-Unis, il fut atteint de troubles dans la vue pendant qu'il se préparait aux examens d'une université. Le médecin engagea sa famille à suspendre les études (2) et on le mit en apprentissage dans un atelier de modelage (3). Il n'avait pas

(1) Conférences faites à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, par M. Ch. de Fréminville, les 16 et 23 décembre 1922.

(2) Taylor eut le courage de reprendre ces études plus tard et obtint le titre de docteur (de l'Ingénieur).

(3) Le « modelage » est la fabrication des modèles en bois nécessaires aux travaux de fonderie.



gardé bon souvenir de ce métier qui n'ouvrait pas des horizons assez vastes pour lui. Cependant, commençant à observer et à penser, il était frappé du temps qu'il lui avait fallu pour acquérir l'habileté nécessaire pour affûter convenablement et rapidement un grand fer de rabot, comme ceux dont on fait usage dans les travaux de modelage. Ce n'est qu'au bout de dix-huit mois qu'il était arrivé à le bien faire. Et cependant ; il était remarquablement intelligent, capable d'une application exceptionnelle, doué d'une ferme volonté et d'une adresse physique qui faisait de lui l'adversaire le plus redoutable dans tous les sports. Ce premier fait fut certainement pour le jeune Taylor l'occasion de fructueuses méditations.

L'ouvrier sportsman. — L'apprentissage fini, il aurait voulu se faire engager comme ouvrier, mais l'industrie traversait alors une crise, et, tout au plus, consentait-on à le prendre comme manœuvre. N'étant pas homme à rester inactif, il accepta.

Ce n'était donc qu'un simple ouvrier, mais il était doué d'un esprit curieux et éveillé, auquel se joignaient cette confiance en soi et cet esprit entreprenant qui se développent souvent dans le milieu américain auquel il appartenait. C'était, de plus, un sportsman dans toute la force du terme, car on ne sait pas assez qu'il a été champion du tennis pour le monde entier pendant fort longtemps et qu'il a été ensuite la plus grande autorité pour le golf. Il a étudié ces sports aussi méthodiquement que le travail de l'atelier, jusque dans les moindres détails, depuis les mouvements de joueur jusqu'à la formation du terrain et son important traité sur le golf est le seul qui fasse autorité ; c'est la bible des sportsmen qui ne se doutent pas, bien souvent, que son auteur est celui dont il est de bon ton de plaisanter les méthodes de travail.

Taylor n'était pas, cependant, un de ces hommes à cloisons étanches, dont notre pays a fourni de nombreux exemples, chez lesquels la vie de travail n'a absolument aucun rapport avec la vie extérieure, et qui passent, par exemple, de la besogne machinale et monotone du bureau à la production d'œuvres littéraires témoignant de l'imagination la plus extraordinaire. Il était « tout

d'une pièce » et ce qu'il pensait sur le terrain du golf, il le pensait également à l'atelier. Pour lui, à l'atelier comme ailleurs, la règle du jeu, acceptée sans arrière-pensée, doit être nettement formulée et scrupuleusement observée.

A son entrée à l'usine, comme manœuvre, le jeune Taylor se tenait au courant, comme beaucoup de ses semblables, de tous les records les plus sensationnels, et c'est sans aucun doute dans ces circonstances qu'il avait fait la connaissance du chronomètre.

Ayant accès dans un atelier où se trouvaient des tours, il s'arrêta devant un de ces outils pour en étudier le fonctionnement et se mit à poser des questions à l'ouvrier qui le conduisait. Quel est le record de la vitesse ? celui de la profondeur de coupe ? etc., etc. Il fut très peu satisfait des réponses qui lui furent faites ; « ce sont des connaissances qu'on acquiert à la longue par la pratique ». « Tous les hommes du métier en ont le sentiment », etc., etc. Convaincu qu'il y avait grand intérêt à en savoir plus long, il demanda et obtint l'autorisation de faire une étude méthodique du travail d'un tour. Telle fut l'origine de ses expériences dont la portée devait être incalculable. Et voilà ainsi comment il arrriva que l'esprit vraiment scientifique qui frappa si vivement M. H. Le Chatelier quand il lut pour la première fois les travaux de Taylor fut introduit à l'atelier par l'esprit sportif. Cela ne devait pas tellement nous étonner, car l'esprit sportif n'est autre que l'esprit scientifique appliqué aux exercices du corps, et cependant bien peu des partisans les plus convaincus des sports auraient pu prévoir les répercussions qu'ils auraient sur le travail de l'atelier, tant nous avons de peine à saisir le caractère de généralité d'une idée.

Disons en passant que cette alliance du sport et de l'industrie s'est rencontrée en diverses circonstances, en France même, et que le concours du sportsman n'a pas été inutile, à leurs débuts, à l'industrie automobile et à celle de l'aviation. Mais quand Taylor a voulu montrer qu'un ouvrier pouvait être un sportsman, il n'était en rien un amateur, et il ne comptait pour vivre que sur son salaire. Parfaitement inconnu du public, il n'a pas été soutenu par les ovations prodiguées aux rois de la route ou de l'air. Il a d'abord été raillé par ses camarades. Puis, quand il a entrepris

des travaux importants, ceux-ci ont été conduits dans le plus grand secret pendant vingt ans. Et on ne peut pas dire qu'il faisait de nécessité vertu, car, alors qu'il avait déjà fait des travaux remarquables, il s'est encore astreint, quand rien ne l'y forçait, à conduire un tour comme ouvrier, et ne touchant que le salaire de l'ouvrier, pour montrer ce qu'on pouvait attendre de ce travail.

Les faits.

Le travail du tour.

Taylor reconnut que le nombre des éléments à considérer dans le travail du tour était de douze, constituant les douze variables d'un problème. Dans chaque cas particulier, pour tout travail à exécuter, il faut, pour choisir les outils convenables et régler la machine, connaître les valeurs correspondantes de chacune des douze variables suivantes :

1° La qualité du métal à travailler ;

2° Le diamètre de la pièce ;

3° La profondeur de coupe ;

4° L'épaisseur du copeau ;

5° L'élasticité de la pièce ou de l'outil ;

6° La forme du tranchant de l'outil, en même temps que les angles d'incidence et de tranchant ;

7° La composition chimique de l'acier dont l'outil est fait, et le traitement thermique de celui-ci ;

8° L'importance du jet d'eau ou autre moyen de réfrigération de l'outil ;

9° La durée de la coupe, c'est-à-dire, le temps qu'un outil doit rester sous la pression du copeau sans être réafuté ;

10° La pression du copeau sur l'outil ;

11° Les changements de vitesse et d'avance possibles sur le tour considéré ;

12° L'effort d'arrachement et d'avancement dont le tour est capable.

On voit qu'il y a là un problème de la plus grande complexité,

dont la solution ne peut résulter des tâtonnements faits au cours du travail, par l'ouvrier le plus intelligent ; les données précises nécessaires ne peuvent être déterminées que par un observateur placé dans des conditions telles qu'il puisse faire varier séparément chacun des éléments et procéder avec méthode à des mesures précises : mesures des efforts au moyen d'un dynamomètre et mesure des temps par chronométrage. Il faut ensuite grouper ces résultats au moyen de formules.

Ces expériences ont été poursuivies par l'auteur pendant 25 années, avec une méthode et une persévérance admirables et n'ont pas coûté moins d'un million de francs. Elles ont fait l'objet d'une longue collaboration entre MM. White, Gantt, Barth et Taylor. Taylor nous dit qu'il serait difficile de distinguer ce qui appartient à l'un ou à l'autre ; que White était certainement bien plus métallurgiste que les autres ; que Gantt était plus compétent en ce qui concerne la conduite des travaux d'atelier et Barth meilleur mathématicien ; et il ne réserve pour lui que l'opiniâtreté. Cette opiniâtreté paraît, en tout cas, avoir été le lien puissant qui a permis d'obtenir de si grands résultats.

Cette étude si importante de la taille des métaux constitue le fait bien établi sur lequel Taylor édifie ses principes d'organisation des usines, dont il s'efforce de montrer le caractère de généralité. Il attire l'attention sur la très grande perte causée par le mauvais rendement de nos actions de tous les jours et il montre que le remède à ce défaut de rendement réside dans une organisation qu'il appelle scientifique et non dans la recherche d'hommes exceptionnels ou extraordinaires ; enfin, que cette organisation repose sur des lois, des règles et principes fondamentaux clairement définis, applicables à toutes les formes d'activité et permettant d'obtenir des résultats étonnants (1).

(1) C'est en 1907 que les travaux de Taylor ont été publiés en France par M. H. Le Chatelier, dans la *Revue de Métallurgie* qui publia alors: *Études sur l'organisation du Travail dans les Usines* (taille des métaux, emploi des courroies, direction des ateliers). Cette même revue publia en 1912 *les Principes d'organisation scientifique des Usines.*



La fatigue cause du faible rendement.

Chez les manœuvres. — A l'appui de ces affirmations, Taylor donne les exemples frappants du chargeur de gueuses de fonte; du poseur de briques et des trieuses de billes de bicyclettes :

Un manœuvre livré à lui-même, chargeait, par jour, dans un wagon, *quatorze tonnes et demie de fonte*. On étudie ce travail en observant d'abord la manifestation de la fatigue par le ralentissement de l'allure (dont l'homme ne se rend pas compte), puis l'influence de temps de repos convenablement espacés, et l'on montre au manœuvre comment il faut faire pour charger beaucoup plus de fonte sans se fatiguer davantage. Il arrive à en charger *quarante-sept tonnes et demie* sans difficulté, ce dont on lui tient compte par une forte augmentation de salaire.

Chez les poseurs de briques. — M. Gilbreth aborde l'étude du travail du poseur de briques. C'est un travail qui peut passer pour avoir bénéficié de l'expérience des siècles et pour être bien difficile à perfectionner. Cependant, M. Gilbreth est frappé de voir que le poseur de briques se baisse à chaque instant pour ramasser à ses pieds la brique qu'il va poser et qu'il en fait autant pour prendre du mortier. Il fait du reste encore bien d'autres mouvements inutiles et fatigants. On lui prépare de petits échafaudages mettant à la portée de sa main les matériaux qu'il doit employer, on lui indique les mouvements inutiles qu'il peut supprimer et il arrive à poser par heure, 350 briques au lieu de 120.

Chez les trieuses de billes. — Enfin, le triage des billes donne lieu à des observations extrêmement importantes au sujet des travaux dans lesquels la fatigue résulte uniquement de la tension nerveuse.

Dans l'atelier que Taylor choisit pour cette étude, le travail était fait *à la journée* depuis dix ans et occupait 120 jeunes filles soit-disant expérimentées, travaillant dix heures par jour. Elles plaçaient ces billes sur les doigts fermés du revers de main et enlevaient, au moyen d'un aimant, celles qui étaient *éclatées*, *tendres*, *rayées* ou qui portaient des *taches de feu*. La fatigue

qu'elles éprouvaient ne pouvait résulter que de la tension nerveuse, mais celle-ci était considérable. On remarqua qu'elles restaient souvent à ne rien faire, et que cela provenait certainement d'un temps de présence trop long, dont elles ne se plaignaient pas cependant. On dut réduire ce temps de présence d'autorité (sans toucher au salaire total), puis on entreprit des études de temps, qui furent faites par Sandford Thompson sous la direction de H.-L. Gantt. On détermina les équations personnelles, ou réactions plus ou moins promptes du système nerveux, et on fit la sélection en conséquence ; car les personnes chez lesquelles ces réactions sont lentes ne conviennent pas à un travail de ce genre dont elles éprouvent une grande fatigue. Puis, après avoir organisé un contrôle minutieux du rendement, on améliora le traitement. Enfin, on étudia tous les détails des opérations au chronomètre et on constata qu'après une heure et demie de travail, les ouvrières étaient toutes fatiguées et on donna 10 minutes de récréation après une heure un quart de travail, puis on détermina une tâche type et on appliqua un système de paye différentiel.

Les 120 jeunes filles ont été remplacées par 35.

La précision a été de 2/3 plus grande.

Les salaires ont été de 80 °/₀ supérieurs (80 à 100 °/₀).

La durée du travail de 8 h. 1/2 au lieu de 10 h. 1/2.

Enfin, les ouvrières bénéficiaient de quatre récréations et elles étaient guidées avec compétence ce qu'elles n'appréciaient pas moins.

Ces trois exemples sont très typiques, et jettent une vive lumière sur l'étude de la fatigue dans le travail de l'ouvrier et sur le faible rendement qui l'accompagne généralement. Celui du chargeur de gueuses fait voir que la tension statique exercée sur le muscle sous l'influence de la charge est, dans ce cas, l'élément dominant de la fatigue et non le nombre kgm développé par seconde. Cette étude permet de déterminer l'importance du repos nécessaire en fonction de la charge supportée. Un homme très robuste ne peut supporter la charge d'une gueuse pesant 42 kg

que pendant 47 % de son temps de travail et ne doit rien porter pendant 50 % de ce temps. Si la gueuse ne pèse que 21 kg, l'homme peut rester sous charge pendant 58 % du temps de travail, au-dessous d'un certain poids la règle cesse d'être utile.

La deuxième expérience est relative à l'amélioration du rendement par la suppression de mouvements inutiles beaucoup plus fatigants que ceux que comporte le travail proprement dit.

Enfin, l'étude du travail des trieuses de billes met en évidence la fatigue résultant d'une tension nerveuse importante. C'est le facteur qui subsiste quand on a fait disparaître l'effort excessif et trop prolongé, et les mouvements inutiles. C'est donc celui dont on aura le plus souvent à s'occuper. Son importance varie beaucoup suivant les individus affectés à un même travail, et l'on en diminuera les effets par une sélection attentive, un entraînement approprié et des repos convenables.

Mais on ne doit pas prétendre imposer, même aux ouvriers habiles, le régime atteint par un recordman. Harrington Emerson donne à ce sujet une indication intéressante. Il évalue la vitesse normale dans le travail à la moitié environ du maximum atteint dans des conditions exceptionnellement favorables :

« Le record de la marche à pied, dit-il, est de 13 km. 160. Sans être entraîné, je peux, sans me surmener, faire la moitié de cette distance en une heure soit 6 km. 58 ».

Tel est le rendement qu'il cherche à obtenir et qui est encore deux ou trois fois plus élevé que celui d'un ouvrier travaillant sans intérêt, sans principes, sans entraînement.

Les principes d'organisation.

Taylor ne cherche pas à édifier des théories ou à formuler des dogmes, il met simplement en lumière des faits d'expérience dont les conséquences se dégagent d'elles-mêmes et qu'il résume de la façon suivante dans ses « Principes d'Organisation des Usines ».

1° Régler chacun des éléments du travail de l'homme d'après

des données scientifiques qui remplacent la vieille méthode du pouce et de l'œil ;

2° Procéder scientifiquement pour le choix, la formation et le développement de l'ouvrier, au lieu de le laisser, comme autrefois, se livrer à un travail auquel le hasard seul l'avait enchaîné et se former comme il le pouvait ;

3° Collaborer cordialement avec les hommes en s'assurant que tout le travail est fait suivant les principes de la science établie ;

4° Partager à peu près également le travail et la responsabilité entre la Direction et l'Ouvrier, la Direction se chargeant de tout le travail pour lequel elle est mieux équipée que l'ouvrier, tandis que, dans le passé, presque tout le travail et la plus grande partie de la responsabilité retombaient sur l'ouvrier.

Aplanir d'abord la difficulté. — Ces principes sont énoncés d une façon claire, et il suffit d'un instant de réflexion pour les comprendre. Cependant, beaucoup de personnes ont cru qu'ils imposaient une règle rigide faisant de l'homme un automate. C'est bien mal en comprendre l'économie, qui, pour répondre à une image par une autre, se trouve résumée d'une façon frappante dans les conseils que La Fontaine donne à son charretier embourbé, qui découragé de n'avoir rien obtenu en brutalisant ses chevaux, ni même en poussant à la roue, est émerveillé de voir comme aisément il se tire d'affaire quand il s'applique à aplanir la difficulté avant de demander l'effort.

Former et instruire l'ouvrier, le guider, s'intéresser à son travail, et y collaborer par une préparation effective, voilà, d'après Taylor, le principe essentiel de sa méthode.

Le bas prix de revient fait le bon salaire. — Du reste, Taylor se sert, pour convaincre l'ouvrier, d'un argument d'un très grand poids quand il lui fait remarquer qu'il est le premier intéressé à la production abondante et au bas prix de revient, car, étant, sans conteste, le plus grand consommateur de produits manufacturés, il doit pouvoir se les procurer facilement et à bas prix, et que le seul moyen d'y arriver est de se prêter à la préparation du travail, qui permet d'atteindre ce résultat tout en lui assurant un travail régulier acccompagné d'un bon salaire, exempt de surmenage et exempt de chômage.

Le salaire acquiert d'autant plus de valeur que le travail est plus productif et le prix de revient plus bas. Une augmentation des salaires sans augmentation de la production fait monter le prix des objets de consommation et elle est illusoire pour l'ouvrier. On peut dire que les idées de Taylor, ainsi présentées, si elles ne sont pas encore parfaitement comprises, ont fait du chemin.

Ces considérations devraient toucher aussi les employés de l'État. Sans doute, les répercussions du bon rendement de leur travail sur leur intérêt immédiat sont moins faciles à mettre en évidence, mais, dans un milieu accessible aux idées générales, il doit être possible de faire comprendre qu'en se prêtant à toute mesure rendant le travail plus productif, on remplit aussi un devoir social.

L'organisation des compétences.

Taylor constate que le chef doit faire une place de plus en plus grande à l'organisation des compétences en vue d'une collaboration active et intelligente, car, dit-il, « le temps où un homme pouvait, à lui seul, faire de grandes choses grâce à sa personnalité et à son individualité, s'éloigne rapidement de nous ».

Il part de là pour formuler les principes de l'*Organisation des compétences*, une organisation qui respecte l'individualité et l'originalité de chacun, tout en établissant une distinction très nette entre l'homme technique et le conducteur d'hommes appelés cependant à collaborer étroitement; conception qui paraît devoir s'accorder avec notre mentalité. C'est, en somme, *faire beaucoup de préparation pour avoir peu d'ordres à donner*, et cela répond au désir de l'homme qui « veut bien obéir mais qui ne veut pas être commandé ».

Ce type d'organisation, dont nous donnons un schéma simplifié (fig. 1), est caractérisé par la création d'un *service spécial pour la préparation du travail*, depuis le travail de la Direction jusqu'au travail de l'ouvrier ; tout à fait distinct du service d'exécution, c'est un véritable *service d'État-Major*. Ce service n'a pas d'autre préoccupation que le choix des méthodes, le choix des

procédés, le choix du meilleur outillage, et il met tous ces moyens à la disposition du service d'exécution qui, lui, peut être comparé à la troupe de ligne. Le contremaître unique est non pas remplacé, mais secondé par plusieurs contremaîtres spécialisés s'occupant de la distribution du travail, de l'entretien des outils et de leur bonne utilisation, du contrôle des pièces finies et de la discipline de l'atelier. Cette organisation impose donc à la Direction une beaucoup plus grande responsabilité dans l'exécution des opérations et plus généralement dans la production.

Diagramme de l'organisation méthodique d'un atelier d'après Gilbreth (1).

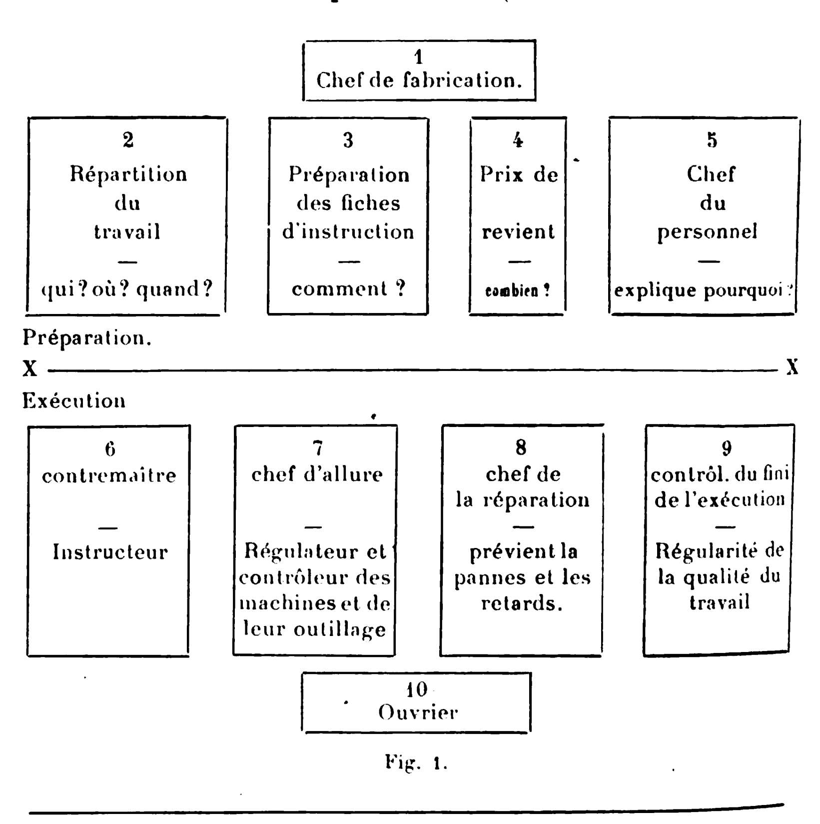


Fig. 1.

(1) Tout ce qui est au-dessus de la ligne XX concerne la préparation. Tout ce qui est au dessous de la ligne XX concerne l'exécution.

Le caractère de nouveauté.

On peut se demander ce qu'il y a de réellement original dans les idées de Taylor sur l'organisation du travail. Si l'on y cherche un principe d'une nouveauté absolue, on ne l'y trouvera pas. La méthode qu'il a employée est aussi vieille que Descartes ; on a fait des décompositions de travaux en vue d'une organisation méthodique, pour les maniements de terre, sous Bélidor et sous Vauban ; le principe de la division du travail est formulé par Adam Smith qui cite à ce sujet les remarques de Coulomb et de Perronet sur la fabrication des épingles ; Prony dont l'attention avait été attirée par ces derniers travaux sur la puissance du procédé de la division du travail et la spécialisation intelligente, en fit l'application à un travail considérable : la transformation pour l'usage des grades au lieu de degrés, des tables de logarithmes de l'Observatoire de Paris, et il put réaliser le travail dans un temps extrêmement court avec un très petit nombre de spécialistes et des aides quelconques ; le principe de la transmission de l'habileté de l'inventeur à l'ouvrier par la machine-outil avait été formulé à propos du tour de Maudsley en 1775 ; des feuilles d'instructions en usage à la Manufacture des Gobelins existaient bien avant Taylor et elles sont tellement complètes que ce dernier n'en pouvait croire ses yeux, de plus, elles réalisent cette union remarquable rêvée par Taylor entre les travaux d'artistes, de savants et d'ouvriers. Et cependant, Taylor, qui n'a du reste connu que quelques-uns de ces précédents, et cela quand ils lui ont été signalés par ces concitoyens à la fin de sa carrière, a fait œuvre d'une importance considérable. Il nous a dit que son opiniâtreté avait servi de lien entre ses collaborateurs et leur avait permis de mener à bien les longues et fatigantes recherches sur la coupe des métaux, mais cette opiniâtreté était elle-même soutenue par une vision géniale des conséquences qui découleraient de ses travaux, de leur caractère de généralité et de leur immense champ d'application ; il est le premier qui ait eu cette

vision, et surtout le premier qui en ait été assez profondément pénétré pour consacrer sa vie à la faire partager par les autres (1).

III

L'APPLICATION DES PRINCIPES D'ORGANISATION MÉTHODIQUE.

Les préliminaires dans l'industrie.

Nous venons de montrer comment Taylor avait été amené à formuler les principes d'organisation répondant aux besoins créés par l'énorme développement de l'Industrie.

Comment doit-on s'y prendre pour passer à l'application?

Peut-on imposer, purement et simplement, dans tous leurs détails, des types d'organisation ayant fait leurs preuves ailleurs? Il est préférable d'écouter le conseil que donne à ce sujet, H.L. Gantt :

« Toute personne qui essaiera d'appliquer les nouvelles méthodes suivant une série de formules et par l'usage d'une collection d'imprimés, sans avoir une parfaite compréhension des principes sur lesquels elles reposent, ira au devant d'un échec certain. »

Être d'abord bien convaincu. — Mais quand on a bien compris ces principes, il faut encore être convaincu qu'on a réellement intérêt à en faire usage, dans le cas particulier dans lequel on se trouve. Le seul moyen d'acquérir cette conviction est de procéder à un examen attentif de quelques opérations de l'atelier. On ne peut manquer de faire à ce sujet des constatations d'où l'on tirera des enseignements extrêmement utiles, tels que ceux-ci :

Des travaux de manutention sont exécutés à bras d'homme,

(1) Le général Crozier, alors qu'il était directeur de l'artillerie américaine, et faisait appliquer les méthodes de Taylor dans les arsenaux, s'exprimait sur ce point de la façon suivante :

« Ce que nous devons à Taylor est de nous avoir fait comprendre la somme d'attention qu'on peut utilement consacrer à ces idées et la dépense de temps, d'énergie et d'argent qu'on peut engager avec profit pour leur mise en pratique.

avec développement d'efforts musculaires exagérés. Ces travaux d'un très mauvais rendement, paralysent l'atelier et il y aurait intérêt à les faire faire par des machines ;

Des installations défectueuses imposent aux ouvriers chargés de la conduite des machines-outils des mouvements plus ou moins fatigants, tout aussi inutiles que ceux des poseurs de briques, et généralement plus faciles à supprimer ;

Une très grande adresse est souvent appliquée d'une façon peu efficace à des opérations mal réglées ;

Des machines anciennes, d'un faible rendement, sont utilisées par raison d'économie, mais ne font que ralentir la marche de l'atelier et diminuer le rendement, empêchant de donner aux meilleurs outils l'allure qui leur conviendrait ;

Les machines sont trop rapprochées et l'encombrement qui en résulte impose à l'ouvrier un travail inutile ;

L'ouvrier perd beaucoup de temps par suite de la mauvaise distribution du travail ou de l'insuffisance des moyens de manutention, ou encore, par suite de l'absence d'instructions assez précises sur le travail qu'il doit exécuter ;

Enfin, les plans généraux des travaux à exécuter ne sont pas suffisamment définis, ou sont trop mal connus des intéressés pour que la bonne liaison des opérations soit assurée.

De tout cela résulte que l'atelier n'a pas, à beaucoup près, le rendement qu'il devrait avoir.

Evolution et non révolution. — Cette étude préliminaire doit être faite de telle façon qu'elle éveille l'intérêt de tout le personnel dirigeant, sans froisser les susceptibilités légitimes de personnes qui ne pouvaient faire mieux qu'elles ne faisaient, dans les conditions où elles étaient placées. Elle doit donner l'impression qu'on veut faciliter une évolution, et non pas provoquer une révolution. Mais surtout, il ne faut pas manquer d'y intéresser le comptable.

Le comptable, dans un grand établissement, est un homme très important, car il tient les cordons de la bourse et veille à ce que les dépenses inutiles soient évitées. Mais il ne voit que par les chiffres qu'on lui donne, et il a depuis longtemps des

idées arrêtées à l'égard de ces chiffres. Il considère trop facilement que toutes les fois qu'il voit figurer un certain nombre d'heures de travail manuel sur une commande d'exécution, ces heures ont été bien dépensées, qu'elles ont reçu une bonne affectation sur laquelle il peut tabler. Si, au contraire, on lui donne un temps de travail ou une dépense qui ne puissent être affectés à une pièce, il les considère comme des accessoires dangereux. Or cela n'est pas toujours vrai. Les méthodes dont nous venons de parler font appel à une préparation importante et très utile, travail dont le temps ne pourra pas, cependant, être facilement affecté à telle ou telle pièce, et, si l'on n'y prend garde, le comptable s'opposera à cette préparation en disant : « nous allons à la ruine parce que nous augmentons le nombre des improductifs ». Car il appelle improductifs tous ceux dont le travail ne peut être porté sur une commande d'exécution. Il faut lui faire toucher du doigt que, dans les conditions anciennes, il arrive quelque fois que la moitié ou même les deux tiers du personnel est mal utilisé, qu'une grande partie de son temps est improductif, et qu'en analysant le travail on fait la chasse aux improductifs, et même sur une plus grande échelle que ne le fait le comptable.

L'étude des mouvements de l'ouvrier. — Il suffit d'un examen sommaire pour faire les constatations dont nous venons de parler ; toutefois, comme le point de départ des travaux de Taylor a été l'étude minutieuse des mouvements de l'ouvrier, nous donnerons quelques précisions sur ce point.

Taylor a fait usage du chronomètre pour apprécier l'importance relative des différents éléments du travail, mais on a aussi employé dans le même but d'autres procédés. Parmi les plus anciens, on peut citer celui par lequel M. Frémont étudie le travail de la lime à l'aide d'un enregistreur de Marey inscrivant sur un tambour, la courbe des efforts développés à chaque instant, et parmi les plus récents, ceux de M. Gilbreth.

M. Gilbreth étudie les mouvements de l'homme à l'aide de procédés d'une grande précision, applicables au travail de l'atelier exécuté dans les conditions normales. Ces procédés que

M. Gilbreth a amenés à un haut degré de perfection, sont aussi tributaires des travaux de Marey : trajectoires lumineuses et cinématographe. Ses trajectoires lumineuses sont obtenues au moyen de petites lampes électriques dont la lumière est soumise à des interruptions permettant d'apprécier la rapidité plus ou moins grande du mouvement. Dans les prises de clichés cinématographiques, il a réussi à superposer aux images un quadrillage au moyen duquel on peut, à chaque instant, suivre le développement des mouvements.

L'étude des mouvements de l'ouvrier conducteur de machine permet à M. Gilbreth de découvrir les dispositions défectueuses dans les machines et les mauvaises habitudes chez les ouvriers. Il en déduit les modifications à apporter, soit dans les accessoires de l'atelier tels que tables, casiers, coulottes, trémies, etc..., soit dans les organes de commande des machines pour rendre les manutentions plus faciles, et il montre à l'homme en quoi il peut simplifier ses mouvements.

Le diagramme des mouvements de tout homme exécutant un travail quelconque, même le plus simple, possède des caractéristiques aussi marquées que celles de l'écriture, et donne une indication précise sur le caractère du sujet. Cette remarque permet de déceler immédiatement les simulateurs qui prétendent être dans l'impossibilité d'exécuter un travail donné car ils ne parviennent pas à reproduire deux fois la même manifestation d'incapacité.

M. Gilbreth se sert de ces procédés pour l'étude des travaux à grande répétition, demandant une véritable virtuosité, comme la dactylographie. Il détermine la trajectoire type des mouvements de l'ouvrier habile, dont il établit des modèles au moyen de fils métalliques, et il en déduit la méthode d'apprentissage la plus rapide. Il constate à cette occasion, que les préceptes. qu'on donne habituellement à l'apprenti sur la façon dont il doit se tenir pendant le travail, aussi bien pour la dactylographie que pour tout autre travail, n'ont aucun rapport avec les mouvements du professionnel habile. Enfin, il étudie par ce moyen le travail du chirurgien et les mouvements du sportsman dans le golf.

Les méthodes d'études des mouvements dans le travail ont fait dernièrement l'objet, au sein de la Taylor Society, d'importantes discussions au cours desquelles M. et Me Gilbreth se sont faits les avocats des méthodes qu'ils emploient et qu'ils considèrent comme indispensables, tandis que la cause du simple chronomètre, ou de la décomposition plus rudimentaire encore, a été soutenue par un certain nombre de membres très qualifiés. Les uns et les autres cherchent à donner au travail de l'homme la plus grande efficacité, en éliminant la fatigue dans la plus grande mesure possible.

Les manifestations de la fatigue. — Les manifestations de la fatigue ont été aussi étudiées dans des laboratoires de physiologie à l'aide de méthodes comportant l'analyse des produits de la respiration, la mesure de la température, l'enregistrement des pulsations, etc... Ces études ont porté sur le travail du limeur, sur celui du portefaix marchant ou montant un escalier, poussant une brouette, etc... Toutes ces observations sont intéressantes. On peut cependant leur reprocher, d'une manière générale, d'être faites dans des laboratoires, c'est-à-dire dans des conditions qui ne sont pas celles de l'industrie ; de s'appliquer à des travaux qu'un intérêt bien entendu ordonne de faire exécuter par des machines et, par suite, d'aboutir rarement à des conclusions pratiques. Enfin, il est regrettable que les résultats de ces études soient si souvent présentés par des personnes qui se croient obligées de montrer par leur appréciation de l'œuvre de Taylor qu'ils la connaissent fort mal. Nous avons vu que Taylor s'est attaché, dès le début de ses études sur le travail de l'homme, aux manifestations de la fatigue ; qu'il considère cette dernière comme l'une des causes les plus importantes de mauvais rendement, et qu'il a montré comment on pouvait la supprimer dans une grande mesure en choisissant convenablement le personnel, en réglant méthodiquement les temps d'activité et les temps de repos, et en modifiant l'outillage. Ses adeptes, et M. Gilbreth en particulier, poursuivant la voie qu'il indiquait, ont multiplié les dispositions tendant au même but ; ils ont même constitué le comité très actif de la lutte contre la fatigue.

La décomposition des opérations. — La décomposition des opérations en éléments plus ou moins simples doit être faite, suivant les cas, à des points de vue très différents :

1° S'il s'agit du maniement, demandant une véritable virtuosité, d'instruments parfaitement définis, tels que la machine à écrire, la machine à calculer, les instruments de musique, etc... ou, pour prendre des exemples plus simples, la lime, les raquettes et crosses des différents sports etc..., nous avons indiqué les moyens dont on peut faire usage pour étudier les mouvements de l'opérateur et nous avons dit que le but principal à poursuivre est alors l'établissement des méthodes d'apprentissage.

2° Dans les travaux à grande répétition — pour la production de séries plus ou moins considérables, — comportant une succession de mouvements extrêmement variés, qui doivent cependant être bien coordonnés et rapides, et qu'un même opérateur répète pendant un temps assez long pour que l'habitude les lui fasse faire inconsciemment, il est important que l'habitude ne se développe pas sur un outillage défectueux. Un examen attentif fait généralement connaître les perfectionnements qu'on peut apporter de ce côté, mais rien n'est plus difficile que d'apprécier « a priori » le temps que prendront les opérations que comportent ces travaux quand ils seront exécutés par des sujets bien entraînés. Sous l'effet de la répétition continuelle des mêmes mouvements, la rapidité de l'opérateur augmente pendant des mois, et même pendant des années, et, par suite, il est difficile de déterminer le salaire correspondant au travail exécuté dans les conditions normales, c'est-à-dire, après que l'habitude est prise.

3° D'ailleurs les travaux qui ne sont pas faits en série tiendront toujours dans l'industrie la place la plus considérable. Ces travaux comportent, il est vrai, des opérations élémentaires bien déterminées, l'usage des types et de standards, mais le groupement de ces éléments varie à l'infini ; l'étude qu'on en fait est généralement très fructueuse car, non seulement elle conduit souvent à l'amélioration de l'outillage, mais elle permet aussi d'établir une feuille d'instructions coordonnant les opérations, facili-

tant l'entente sur les conditions du travail et fixant un temps d'exécution d'où résulte un bon salaire pour l'ouvrier actif.

Discernement des aptitudes. — Le choix du personnel est un point de la plus grande importance sur lequel nous regrettons de ne pouvoir nous étendre. Un bon chef de personnel, bien au courant des besoins de l'atelier, autant que possible de ses besoins futurs, et des possibilités de recrutement de la région dans laquelle il se trouve, peut, avec l'aide d'un médecin, diriger vers les différents emplois, les hommes qui conviennent le mieux. Pour des cas spéciaux, on a imaginé des épreuves plus ou moins compliquées, telles que la mesure de l'équation personnelle, ou son appréciation par des moyens relativement simples comme celui qui a été imaginé par Fret Kemble, consistant à faire placer des bouts d'allumettes dans les trous d'une planche dans un ordre déterminé.

La classification méthodique des caractéristiques physiques, et en particulier de celles de la face, dont chacun tient compte plus ou moins inconsciemment en jugeant les gens sur l'impression qu'ils produisent, ainsi que l'examen de l'écriture et la nature des réponses à des questionnaires bien établis, peuvent aussi donner des indications précieuses.

Nous donnons ici une photographie de Taylor et un spécimen de son écriture pour les personnes qui désireraient établir un parallèle entre ces deux documents et la personnalité qui se dégage des faits que nous avons cités.

La stabilité du personnel.

Mais il est un facteur qui vient dérouter les calculs les plus savants sur l'efficacité des diverses méthodes employées pour augmenter le rendement de l'atelier. C'est *l'instabilité* du personnel. Peu importe qu'un homme réalise une production très élevée pendant quelques heures, ou même pendant quelques jours. S'il ne fait que passer, il est possible que la capacité de production de l'atelier dans laquelle on a constaté ces beaux exemples soit très réduite.

Ce dernier point a, depuis quelque temps, retenu l'attention des Américains qui ont essayé de chiffrer la perte résultant de *l'instabilité* du personnel.

On ne se représente pas, généralement, ce que coûte l'introduction d'un nouveau venu dans l'atelier. Les évaluations les plus modérées, de quelque valeur, le font ressortir à S 40 (soit, en prenant le dollar au cours d'avant guerre, 200 francs par homme).

Or il arrive souvent que la durée moyenne du temps pendant lequel les ouvriers d'un atelier comptent à l'effectif, est, tout au plus, d'un an ou deux, ce qui implique un renouvellement annuel de la moitié au moins de l'effectif. Comme il n'est pas rare qu'on soit obligé d'essayer trois ou quatre hommes avant de pouvoir en garder un, le nombre des essais atteint fréquemment, dans l'année, deux fois le chiffre de l'effectif total de l'atelier, et même davantage. Il en résulte donc des dépenses considérables et l'on voit l'intérêt qui s'attache à toute mesure stabilisant le personnel. Les principales de ces mesures sont celles qui assurent la continuité d'un travail loyalement rétribué ; « la stabilité du travail » et « la bonne entente ».

Les changements fréquents dans la nature de l'emploi, que l'on constate dans les grandes administrations ont sans doute les mêmes conséquences en ce qui concerne le rendement du travail, bien qu'il soit moins facile de chiffrer la dépense qui en résulte. On pourrait pourtant s'en faire une idée en affectant un coefficient de rendement au personnel. On peut admettre par exemple qu'une valeur moyenne dans l'emploi n'est pas atteinte avant six mois au moins, et la valeur maxima avant deux ans. Des changements d'affectation annuels ou même bisannuels, s'ils ne sont pas justifiés par l'avancement, réduiraient donc de moitié environ la valeur du personnel, augmentant dans une forte proportion le nombre des employés nécessaires.

L'APPLICATION AUX POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

Au début de ces conférences, passant en revue les différentes étapes de l'organisation industrielle, nous avons constaté que,



née en quelque sorte, au hasard, elle est restée exposée à dépenser les activités en efforts peu efficaces quand elle s'appuie sur *le débrouillage*, ou à les annihiler quand elle cherche à se rapprocher de l'Organisation des *Administrations*. Dans le premier cas, elle enferme les entreprises dans un cercle trop étroit, dans le second, elle les alourdit.

Deux méthodes qui se complètent.

Nous avons vu que, depuis un certain nombre d'années, des spécialistes se sont appliqués à la recherche des meilleures méthodes d'organisation industrielle et nous avons cité les noms de deux propagateurs d'idées fondamentales, dont les efforts, guidés par la méthode analytique, tendent vers le même but, bien que les points de départ soient différents. Ce sont les noms de M. Fayol et de Fred. W. Taylor. Les idées de ces deux chefs d'écoles peuvent être résumées de la façon suivante :

M. Fayol commence par insister sur la nécessité d'assurer à l'entreprise une ligne de conduite sûre, par l'application de principes fondamentaux qu'il met en évidence ;

Taylor montre d'abord comment on peut tirer le meilleur parti du personnel et du matériel, en s'appliquant à faire usage des procédés les plus perfectionnés connus et à réaliser les conditions les plus favorables à la bonne exécution du travail.

Il y a là deux forces réagissant l'une sur l'autre, tour à tour appelées à produire une accélération ou à servir de point d'appui. Ce sont deux moyens qui se complètent et se fortifient, deux points de vue inséparables que l'on doit avoir constamment présents à l'esprit : le point de vue de M. Fayol et le point de vue de Taylor.

En quoi l'Administration des Postes et Télégraphes peut-elle faire son profit de ces considérations ?

Constatations importantes.

M. Fayol, dans ses ouvrages, fait deux constatations très importantes, et qui nous paraissent contenir, en quelque sorte, la réponse.



Organisation défectueuse. — M. Fayol constate d'abord que l'Administration des Postes et Télégraphes est aux prises avec de grandes difficultés qu'il attribue à l'absence d'un bilan établi suivant les méthodes employées dans l'industrie, instrument indispensable pour l'appréciation de la façon dont les opérations industrielles sont conduites ; à l'absence d'un programme d'action embrassant un certain nombre d'années ; à l'obligation de soumettre à des commissions l'étude des questions importantes, et d'observer des règles étroites pour le recrutement et l'avancement du personnel ? mais, surtout, à l'instabilité du chef qui rend sa responsabilité illusoire, quelles que soient sa capacité et ses qualités, et ne lui permettent pas de s'acquitter des fonctions les plus importantes d'un chef d'entreprise.

Qualités du personnel. — Malgré ces conditions très défavorables, on peut être surpris de constater que le service marche tout de même, et M. Fayol pense que cela peut être attribué aux qualités du personnel de tout grade.

La première remarque est relative à l'application des principes fondamentaux, c'est-à-dire au point de vue Fayol, la seconde se rapporte plus particulièrement au point de vue Taylor.

Difficultés d'application de la Science Administrative.

M. Fayol nous affirme, malheureusement, que pour réussir à faire appliquer dans les établissements de l'État, les principes de la Science Administrative dont il s'est fait l'apôtre, il ne faudrait rien moins qu'apporter des modifications profondes aux rouages de la machine gouvernementale elle-même. Il s'efforce de provoquer un mouvement dans ce sens, espérons qu'il y réussira, mais il ne faut pas se dissimuler que cela ne pourra être que très long. Les Postes et Télégraphes doivent-ils, en attendant, se condamner à l'inaction ? nous ne le pensons pas.

Sans vouloir faire une incursion dans le domaine de M. Fayol, nous croyons, du reste, pouvoir insister sur ce que les principes fondamentaux qu'il formule ne sont pas constamment appli-



qués dans l'industrie, cherchant encore un peu sa voie en matière d'organisation, comme nous l'avons dit. Nous ferons remarquer aussi que les méthodes dont il est fait usage dans l'Administration des Postes et Télégraphes ne sont pas toujours le contrepied de ces principes et nous ajouterons que si les industriels que M. Fayol s'efforça de convertir à ses idées, l'ont écouté avec une grande attention, ils ne l'ont peut-être jamais mieux écouté que quand l'Administration des Postes et Télégraphes a fourni l'exemple nécessaire pour obtenir un contraste frappant sans faire de personnalités, car on accepte bien plus facilement d'être repris sur ses défauts quand les reproches, dont on peut cependant faire son profit, sont adressés à un autre. Du reste, s'il est quelquefois nécessaire d'aller jusqu'à l'extrême pour se faire bien comprendre et retenir l'attention, n'est-il pas possible une fois le problème nettement posé, de faire des concessions ? Ne peut-on constater, par exemple, que certaines commissions, malgré ce nom impopulaire, ne fonctionnent pas d'une façon très différente des conférences des chefs de service de l'industrie, auquelles M. Fayol attache à juste titre une grande importance ? Sur d'autres points encore, le désaccord n'est pas tellement grand qu'on ne puisse s'efforcer d'améliorer la situation, en attendant mieux.

Préparer le terrain par la méthode Taylor.

Quoi qu'il en soit, reprenant le point de vue Taylor, nous pensons qu'en s'appuyant sur ses conseils, on peut préparer le terrain efficacement pour attaquer, plus tard, la question par l'autre bout. On le fera en s'appliquant à l'emploi des procédés les plus perfectionnés, dans la mesure où cela est possible, et en s'attachant à cette réalisation des conditions les plus favorables à la bonne exécution du travail, si importantes pour le développement des compétences, pour la meilleure utilisation des bonnes volontés, pour la mise en valeur des efforts individuels. très exposés à faire fausse route quand ils n'ont recours qu'au simple débrouillage.

Choix des procédés. — En ce qui concerne l'usage des procédés les plus perfectionnés, il est facile de se convaincre que quand les Postes et Télégraphes ne les emploient pas, ils ne pèchent pas par ignorance professionnelle. Depuis quelques années, au moins, ce qui se fait dans les autres pays leur est parfaitement connu. *Le Service d'Études et Recherches Techniques*, qui a déjà plusieurs années d'existence, ne se contente pas de documenter l'Administration sur les dispositions nouvelles présentant de l'intérêt, mais, sans se laisser rebuter par les difficultés résultant de ses moyens d'action insuffisants, il s'attache à en étudier l'application et à les expérimenter dans toute la mesure où cela lui est possible. L'Administration a donc entre les mains les éléments nécessaires pour en généraliser l'emploi.

Préparation du travail. — La question des conditions, les plus favorables à la bonne exécution du travail de l'employé est plus délicate. Taylor nous dit que pour appliquer ses méthodes avec fruit, il faut, avant tout, que le chef et ses principaux collaborateurs en comprennent parfaitement l'esprit, soient convaincus de leur utilité et fassent partager au personnel la conviction qu'il existe des moyens de rendre le travail plus facile et plus productif. S'ils y arrivent, si même ils parviennent à faire naître un certain intérêt en faveur de l'application de ces moyens, ils ont préparé la voie à la réalisation d'une réorganisation plus importante qu'on entreprendra quand le moment sera venu.

La leçon de choses.

Cette manière de faire est résumée dans la lettre ci-dessous de Taylor :

Août 1913.

« J'espère bien vous revoir en Amérique. Et en atten-
« dant, je vous souhaite tout le succès possible dans ce que vous
« entreprendrez. J'avais l'intention de vous conseiller de ne pas
« attendre trop longtemps avant de mettre en route, par-ci, par-
« là dans vos ateliers, un homme travaillant à la tâche (après

« avoir, bien entendu, fait une étude consciencieuse de sa « machine, de son travail et de ce qui l'environne) de façon que « ces hommes puissent servir de leçons de choses dans votre « atelier, pour montrer à vos hommes qu'un changement dans le « système n'a pour eux d'autre conséquence que de leur pro- « curer un salaire plus élevé et de meilleures conditions de « travail. »

En pareille matière, on peut se demander par où commencer? quels sont les exemples que l'on doit choisir en premier lieu pour donner des leçons de choses?

De quoi se plaint-on? — L'un des meilleurs moyens qu'on puisse employer pour faire un bon choix consiste à porter son attention sur les plaintes les plus importantes, ou les plus criardes, auxquelles donne lieu la manière de procéder primitive. C'est une méthode bien plus fructueuse que celle qui consiste à se laisser guider par une conception idéale. Ce n'est peut-être pas, pour le chef, la ligne de moindre effort, mais c'est certainement celle qui tire parti, du côté du personnel, de la ligne de moindre résistance. En tous cas c'est une méthode qui a déjà été appliquée par les Postes et Télégraphes d'une façon fort intéressante.

Il est inutile de nous arrêter ici pour les raisons que nous avons données, aux plaintes relatives aux dépenses d'exploitation exagérées, à l'absence d'un programme à longues vues, aux grandes questions de budget, à la façon dont le bilan est établi.

En dehors de cela, de quoi se plaint-on ?

Dans un bureau de Poste. — Nous connaissons les plaintes auxquelles donne lieu l'encombrement des guichets, l'énervement du public en présence d'un employé absorbé dans ses écritures, énervement qui se communique à l'employé. Que faut-il faire pour porter remède à cette situation ? Les Postes et Télégraphes le savent très bien. Il faut avoir recours à la division du travail ; et c'est la bonne manière d'industrialiser le service. Il faut qu'un employé soit constamment occupé à recevoir le public; il faut que l'employé chargé des écritures ne soit pas constamment dérangé ; il faut que la caisse où se font les payements ou

les retraits d'argent soit tenue par un employé ne faisant pas autre chose. En procédant de la sorte, il est possible de s'occuper, pour ainsi dire immédiatement, de toute personne qui se présente à un guichet. On s'assure d'un coup d'œil que la pièce établie pour faire un versement ou le mandat qu'on désire toucher sont bien en règle ; le titulaire reçoit un numéro, comme dans une banque, et est invité à aller s'asseoir. Au bout de très peu de temps le numéro est appelé à la caisse et le titulaire peut toucher ou verser sans perte de temps. Il ne s'agit pas là de projets en l'air. Tout cela a été réalisé et fonctionne à la satisfaction générale, malheureusement dans un seul bureau, celui de la rue d'Amsterdam. L'expérience est faite, pourquoi cette disposition n'est-elle pas généralisée ? Ce n'est plus au service technique qu'il faut le demander. C'est une affaire de Direction Générale et nous ne pouvons que renvoyer à l'ouvrage de M. Fayol.

J'ai bien entendu dire que le public était un peu décontenancé par l'aspect de ce bureau — dans lequel on ne se bouscule pas aux guichets — dont les employés ont l'air de n'avoir pas grand chose à faire. C'est ce qu'on dit de tous les ateliers dans lesquels le travail est bien organisé. « Ici », disait Taylor en montrant l'Usine de Tabor, « tout le monde est occupé mais personne ne se presse ». C'est une vérité que le public comprendra certainement, avec le temps, du moins il faut l'espérer.

Dans les services téléphoniques, on se plaint de la lenteur avec laquelle les communications sont données, de l'énervement du public et des dames employées, etc., etc. Comment en serait-il autrement ? Il s'agit d'un service exigeant des aptitudes spéciales que tout le monde n'a pas. Il est bien évident que l'examen d'admission aux Postes et Télégraphes, portant sur des connaissances générales, sur le français, la géographie, l'arithmétique,... bien qu'il soit de nature à sélectionner une élite, ne donne aucune indication sur la façon dont la future dame téléphoniste pourra s'acquitter de la tâche très spéciale qui lui sera confiée. Le métier de dame téléphoniste est un de ceux pour lesquels des épreuves ayant pour but de discerner les aptitudes profession-

nelles, ou, tout au moins, une sélection après un certain temps de service, seraient absolument justifiées. Il demande en outre une formation et un entraînement et ne peut guère être fait au pied levé, en attendant mieux.

Malgré des conditions si défavorables, le personnel dirigeant ne se désintéresse pas de la formation des dames téléphonistes, et l'on peut dire, du reste, que le penchant pour le fonctionnariat n'empêche pas ces dernières de faire leur travail avec un certain goût.

Les détails du travail des téléphonistes ont fait l'objet d'études très suivies : Comment doit-on tenir l'appareil ? Sur quel ton convient-il de parler ? quels sont les tests de fatigue ? Quelles sont les contre-indications ? etc., etc., et ces études ne paraissent pas laisser le personnel indifférent.

Des dames téléphonistes cherchent parfois à établir des records, et c'est certainement d'un excellent exemple. Malheureusement, les règles auxquelles l'avancement est soumis, ne tiennent aucun compte des aptitudes spéciales que ces épreuves mettent en évidence. On cite, dans les bureaux centraux des records de rapidité relatifs à l'établissement des communications téléphoniques, mais, quand on demande où sont les dames employées qui les ont réalisés, on apprend que l'une vient d'être envoyée à la Caisse d'épargne postale, l'autre dans un bureau de province ne comportant pas de service téléphonique, etc., etc. Et ces cas n'ont, paraît-il, rien d'exceptionnel. Il est à souhaiter qu'on puisse porter remède à cette situation, et il ne semble pas qu'il soit absolument nécessaire, pour cela, de modifier les attributions du Président du Conseil des Ministres et de ses collaborateurs, ni même leur manière de travailler.

Le service des lignes télégraphiques et téléphoniques offre un exemple remarquable des difficultés que l'Administration des Postes et Télégraphes doit surmonter. Ce service comprend l'établissement et l'entretien des lignes télégraphiques et téléphoniques : pose des appuis, et pose des fils. L'augmentation du nombre des lignes suivant un même parcours entraîne déjà des remaniements très importants dans les appuis, qui doivent, sui-

vant les cas, être doublés ou renforcés de différentes manières, mais, le plus terrible paraît être ce qu'on appelle le *déplacement*, c'est-à-dire les déplacements de poteaux ou de pyramides auxquels l'Administration est contrainte quand des constructions nouvelles sont édifiées dans le voisinage de lignes existantes. Cela occupe, paraît-il, le tiers du temps du personnel. On reste confondu quand on se trouve en présence de ce véritable travail de Pénélope. Le déplacement d'une pyramide portant une centaine de fils est déjà un travail considérable, et il faut souvent adjoindre une seconde pyramide à la première pour suivre les sinuosités de la ligne. Or c'est un travail qui pourrait être supprimé ou réduit dans d'énormes proportions. Les Postes et Télégraphes connaissent la solution et ont fait, sur une petite échelle, tous les essais nécessaires pour être prêts à entreprendre la réalisation en grand quand ils en auront les moyens, et par là, il faut entendre les moyens de toute nature : outillage, personnel, etc., car en pareille matière, les ressources financières ne répondent pas à tous les besoins.

Nous n'avons cité que quelques exemples qui nous ont paru très caractéristiques, on pourrait en ajouter plusieurs autres tels que la manutention des « dépêches », soit à l'expédition dans les bureaux centraux, soit à l'embarquement dans les wagons postes ou bureaux ambulants, etc., etc., dont la solution a déjà été étudiée.

Les méthodes surannées sont les plus coûteuses.

Toutes ces études et tous ces essais pour être concluants, devraient comporter une *évaluation de l'importance des économies à réaliser ou de l'augmentation possible des recettes*, qu'on puisse mettre en regard des dépenses d'établissement plus ou moins considérables, afférentes à toute disposition nouvelle.

Une pareille évaluation présente déjà de très grandes difficultés dans l'industrie, aussi avons-nous fait remarquer qu'il est très important d'intéresser le comptable à la constatation des résultats donnés par l'application à une usine de méthodes per-



fectionnées. Les difficultés sont beaucoup plus grandes dans les Administrations, car nous ne pensons pas que la comptabilité administrative puisse donner sur la valeur des moyens employés, autre chose que des indications vagues.

C'est l'habitude qu'ont les Américains d'évaluer rapidement l'importance relative des frais d'établissement, des frais d'exploitation et des recettes, qui les a rendus si hardis dans le choix des procédés qu'ils emploient, qui, à première vue, nous effrayent par les dépenses d'établissement qu'ils nécessitent. Quand nous leur disons qu'ils peuvent employer ces moyens parce qu'ils sont très riches, ils nous répondent généralement qu'ils ne sont pas assez riches pour employer les nôtres.

Je ne peux résister au désir de citer l'exemple si frappant de cette hardiesse dans l'emploi des moyens les plus économiques, que j'ai entendu raconter par M. Schwab lui-même au moment de la mort de Carnegie :

« Il y a bien des années, » dit M. Schwab, « alors que j'étais directeur de l'usine de Braddock, à un moment où la Sté Carnegie ne possédait pas de capitaux bien considérables, je demandai la permission de construire une nouvelle aciérie Bessemer, et cette aciérie fut construite. Elle remplissait toutes les conditions qui avaient été prévues, et que j'avais exposées à M. Carnegie, quand il vint me voir.

« Pendant que je lui faisais faire le tour des ateliers lui donnant des explications sur leur fonctionnement, il me regarda en face et me dit : « Charlie, il y a ici quelque chose qui ne va « pas ! Je vois à votre tête que vous n'êtes pas satisfait ; il y a « certainement quelque chose de loupé dans cette aciérie.

« Je répondis : — « Non, M. Carnegie, elle est exactement ce que je vous avait dit qu'elle serait : nous avons réduit notre prix de revient suivant les prévisions que je vous ai données, mais, si c'était à recommencer, je voudrais y introduire quelque chose qui a été découvert dernièrement et qui, j'en suis sûr, permettrait de diminuer encore le prix de revient. ».

« Il me dit : — « Hé bien ! il n'y a pas de quoi se frapper. Pouvez-vous modifier ces ateliers ? »

« Je répondis : — « Non, ça reviendrait à mettre l'usine par terre et à la reconstruire ».

« En ce cas, dit-il, — il n'y a pas à hésiter. Il faut être stupide pour ne pas profiter de quelque chose de bon, quand on le connaît, sous prétexte qu'on ne l'a pas découvert assez tôt. Jetez moi cela par terre et reconstruisez-le ! »

« Et, bien que cette aciérie n'eût été en fonctionnement que depuis deux mois, nous l'avons jetée par terre et nous l'avons reconstruite, et le bénéfice que nous a donné cette opération nous a permis de retrouver bien des fois la valeur du capital engagé.

« Cette tournure d'esprit était caractéristique de M. Carnegie. Il ne dit même pas : « Vous auriez tout de même pu penser à cela plus tôt. » Il est vrai que s'il avait été homme à le dire, à moi ou à l'un des directeurs, il n'aurait jamais eu connaissance de la nouvelle idée qui s'était fait jour et l'affaire n'aurait pas eu le bénéfice d'une meilleure installation. C'est en agissant ainsi que M. Carnegie nous entraînait tous. »

Nous voici arrivés au terme d'une étude forcément trop courte pour un pareil sujet.

Une refonte complète de l'organisation de l'Administration des Postes et Télégraphes, en partant du sommet, comme l'indique M. Fayol, serait sans doute une chose désirable, mais malgré les modifications utiles qu'on s'efforce d'y apporter, il faudra certainement longtemps pour l'adapter aux besoins d'une exploitation industrielle.

Est-ce une raison pour ne rien faire d'autre ? Nous sommes d'un avis tout à fait contraire, et nous pensons qu'on peut préparer très efficacement l'édification de cette organisation nouvelle en faisant usage de l'analyse des travaux élémentaires pour dégager les conditions les plus favorables à la bonne exécution du travail, souvent réalisables sans grandes difficultés. Des efforts ont déjà été faits dans ce sens, on ne peut que souhaiter qu'ils soient encouragés, qu'on s'applique à les continuer et à les étendre, et surtout à les faire apprécier du personnel.

Aux personnes qui craindraient qu'une méthode née en Amérique ne puisse convenir à la France, nous ferons remarquer qu'elle constituait, à l'origine, une réaction contre certain esprit américain, essentiellement autoritaire : « *Driving* », qu'on pourrait traduire : « Débrouillage à la trique ». Taylor et ses adeptes se sont appliqués à développer sur des bases nouvelles, un esprit de collaboration intelligente qui est, il est vrai, instinctif aux Français, mais qui ne peut donner tout ce dont il est capable sans qu'une liaison efficace soit établie entre toutes les compétences. C'est le véritable but de l'organisation méthodique du travail.

REVUE DES PÉRIODIQUES

PÉRIODIQUES EN LANGUES ÉTRANGÈRES

La radiation des ondes hertziennes (Prof. Howe, *The Electrician :* 13 avril 1923). — Tous ceux qui ont étudié les problèmes de la T.S.F. savent pertinemment que les ondes électromagnétiques n'ont pas les mêmes caractéristiques au voisinage immédiat de l'antenne et à une grande distance de celle-ci ; on entend souvent dire que les formules et diagrammes se rapportant aux ondes sont applicables seulement à des distances supérieures à un quart de la longueur d'onde à partir du poste émetteur. On n'est pas très fixé sur ce qui se passe à cette distance critique ni sur la raison pour laquelle les ondes électromagnétiques subissent une transformation.

Sir Oliver Lodge vient d'étudier la question dans un article publié par la revue « Modern Wireless » et dont voici la conclusion :

« L'oscillateur est fixe, il est vrai, mais alors les deux perturbations n'y sont pas en phase : comme on pouvait s'y attendre, l'une est en retard sur l'autre d'un quart de période ; donc l'énergie oscille, elle avance puis recule et n'est pas entièrement dissipée par rayonnement. Seule est dissipée ainsi la partie qui est en avance d'un quart de longueur d'onde, là où une perturbation a rattrapé l'autre et où l'énergie — celle qui est vraiment utilisée en T.S.F. — est lancée brusquement dans l'espace. » Voici comment Sir Oliver essaie d'expliquer un phénomène complexe aux lecteurs non versés dans les mathématiques.

Mais, dira-t-on pourquoi une perturbation rattrape inévitablement l'autre et pourquoi l'ayant rattrapée, l'énergie se trouve-t-elle « projetée brusquement dans l'espace » ? Considérons une antenne horizontale (fig. 1) entretenue en oscillation à sa fréquence fondamentale par l'alternateur A. S'il n'y a pas de dispersion

d'énergie, ni par rayonnement ni par résistance, la différence de potentiel aux bornes de l'alternateur sera en définitive nulle, et il ne sera pas nécessaire d'appliquer une nouvelle énergie une fois que l'oscillation est engendrée.

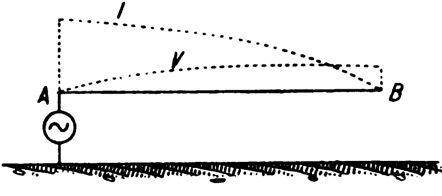


Fig. 1.

A un certain moment, l'énergie est tout entière emmagasinée dans le champ électrique ; un quart de période après, elle est entièrement magnétique, les deux champs étant décalés en phase d'un quart de période et s'étendant très peu au delà de l'extrémité de l'antenne.

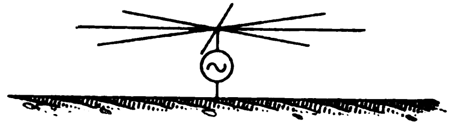


Fig. 2.

On peut rendre symétrique le dispositif dissymétrique de la fig. 1 en disposant un certain nombre de fils horizontaux semblables et allant dans diverses directions (fig. 2). Si l'on ne tient pas compte de la région située un peu au delà de l'extrémité des fils, on peut dire que les champs électriques et magnétiques sont confinés dans l'espace compris entre ces fils et la terre, c'est-à-dire qu'ils finissent plus ou moins brusquement à une distance de l'alternateur égale à la longueur des conducteurs horizontaux, alors que la longueur d'onde est un peu plus grande que quatre fois cette première longueur. Lorsque les fils d'antenne sont posés plus haut, la région au bout des fils augmente de longueur, et la longueur d'onde naturelle augmente aussi légèrement. Dans le cas idéal envisagé, le débit de l'alternateur est nul non seulement en moyenne comme pour une charge parfaitement inductive, mais à un moment quelconque puisque sa différence de potentiel aux bornes est toujours nulle.

Si l'oscillation s'accompagne de pertes dues à la dissipation ou à la radiation de l'énergie, l'alternateur aura un débit moyen égal à ces pertes. Ceci constituera une charge non inductive sur l'alternateur : le courant et la différence de potentiel de l'alternateur seront en phase. En d'autres termes, le champ magnétique produit au voisinage immédiat et le champ électrique au même point seront en phase. L'énergie fournie par l'alternateur l'est sous forme de pulsations (à raison de deux pulsations par période) comme dans tout alternateur monophasé sur une charge non inductive, mais il n'y a pas de retour de l'énergie vers l'alternateur. On remarquera que le rapport de phases entre les champs magnétiques et électriques de l'énergie débitée par l'alternateur est le même que pour l'onde qui se propage à une grande distance de l'antenne, et que l'énergie rayonnée est produite par l'alternateur sous forme de pulsations; avec les pertes dans l'antenne, elle constitue la seule charge de l'alternateur.

Pour en revenir aux champs électrique et magnétique de l'oscillation, on voit que leur rapport de phases est tout à fait différent. Au moment où le courant est maximum, l'énergie est entièrement magnétique et se trouve concentrée vers l'extrémité intérieure de l'antenne, tandis qu'un quart de période plus tard elle est entièrement électrique et concentrée vers l'extrémité ouverte de l'antenne.

Nous avons considéré à part les champs des oscillations et des radiations, mais il est bien évident qu'ils sont superposés l'un à l'autre immédiatement sous l'antenne; ceux-là sont de beaucoup les plus intenses, d'où il résulte que les champs magnétiques et électriques sont décalés en phase d'environ 90°; mais le champ oscillatoire diminue rapidement en s'éloignant de l'antenne, laissant les champs rayonnants s'étendre de plus en plus loin.

Remarques d'un amateur anglais sur les émissions radiotéléphoniques de la station de Glascow (*The Electrician :* 13 avril 1923). — La station émettrice de Glasgow a été inaugurée le 6 mars 1923. Tandis que les amateurs résidant à Glasgow et dans la banlieue se déclaraient satisfaits des émissions, ceux qui habitaient un peu plus loin se plaignaient de la faiblesse

des signaux. Un prompt remède a été apporté à ce défaut dû à une modulation imparfaite.

Moins de quinze jours après la mise en service de la station, la « British Broadcasting Co » a pu faire entendre une partie de l'*Or du Rhin*, opéra représenté au théâtre du Colisée de Glasgow. Le microphone était installé sur le devant de la scène, vers le milieu de la rampe lumineuse ; l'amplificateur était monté sous la scène.

Un poste récepteur monté comme l'indique le schéma ci-dessous a donné d'excellents résultats : il comprenait un cadre, une bobine

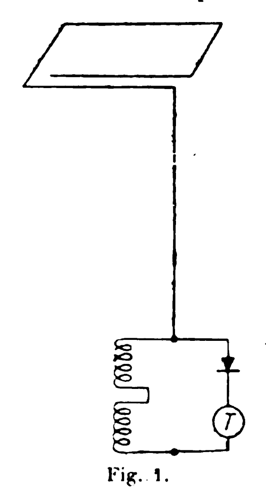


Fig. 1.

d'accord, un détecteur (fil d'acier et carborundum) et un récepteur serre-tête de 8.000 ohms. Le poste était monté à 3 km. environ de la station émettrice.

Caractéristiques de la transmission. — La musique et la parole sont reçues distinctement ; toutefois, on entend des bruits parasites peu gênants lorsque l'orchestre joue *forte*, mais très désagréables lorsqu'il joue *pianissimo*. Ces bruits doivent provenir du microphone qui est pourtant d'un type construit spécialement pour le broadcasting. Quand l'opérateur du studio déconnecte le circuit du microphone, on entend un bruit caractéristique, sorte de bourdonnement, qui doit être occasionné par le courant de plaque imparfaitement redressé ; ce bruit n'est pas perçu lorsque le microphone est mis en circuit ; on pourrait, semble-t-il, supprimer ce bruit en recourant à des appareils redresseurs perfectionnés.

La reproduction des concerts donnés dans le studio est meilleure que celle des concerts donnés à l'Opéra. Les conditions, il est vrai, ne sont plus les mêmes dans les deux cas : au studio, la seule chose qui intéresse les artistes, c'est le microphone ; ils prennent par rapport à lui une position favorable ; à l'Opéra, les acteurs ne se préoccupent pas plus du microphone que des lampes de la rampe ; ils s'en rapprochent ou s'en éloignent suivant le jeu de scène. Les amateurs doivent tenir compte de ce fait lorsqu'ils écoutent des opéras.

Les défauts d'audition imputables au microphone sont sérieux et il faut, de toute nécessité, s'efforcer d'y remédier. A notre avis, le microphone devrait être disposé (ou protégé par un procédé quelconque) de telle façon qu'on n'imprime jamais au diaphragme une amplitude trop considérable ; il suffirait pour cela, dans la plupart des cas, d'ajouter un étage d'amplification pour compenser le manque de sensibilité. On pourrait encore régler les amplificateurs de manière à ce qu'ils donnent une amplification maximum.

Certains pensent que les défauts sont dus à une supermodulation, c'est-à-dire à des variations excessives du potentiel de grille ; s'il en est ainsi, il suffira à l'opérateur de surveiller l'amplification entre le microphone et les lampes modulatrices.

En résumé, malgré qu'il soit d'un modèle très perfectionné, il semble bien que le microphone soit la cause de tout le mal. Aussi, on étudie actuellement le moyen de le perfectionner et il est certain qu'on y arrivera à brève échéance.

Vœux du « Comité national Radio » américain (*Telegr. and Teleph. Age :* avril 1923). — Les vœux émis par la deuxième conférence radio américaine présagent une ère nouvelle pour les amateurs de radiotéléphonie. En vue de remédier aux risques d'interférence dont se plaignent les compagnies émettrices aussi bien que les amateurs, le Comité propose de demander au Gouvernement de réserver aux émissions radiophoniques une nouvelle bande de longueurs d'onde, chaque station émettrice travaillant sur une longueur d'onde bien déterminée. Il suffit pour cela que le Gouvernement renonce à certaines longueurs d'ondes qu'il avait cru devoir

se réserver, et qu'il en change d'autres attribuées jusqu'ici aux stations de bord. C'est le seul moyen de remettre un peu d'ordre dans le service radiotéléphonique.

Jusqu'ici, les émissions radiophoniques se faisaient sur des longueurs d'onde de 360, 400 et 485 mètres. Le Comité national radio propose de leur accorder dorénavant la gamme 222-545 mètres. Les stations émettrices seront groupées en deux catégories : celles rentrant dans la catégorie A (catégorie B actuelle) pourront transmettre sur des longueurs d'onde comprises entre 288 et 545 mètres ; les stations moins puissantes formeront la nouvelle catégorie B ; elles pourront utiliser les longueurs d'onde de la gamme 222-286 mètres.

Ainsi, les 50 puissantes stations émettrices réparties sur le territoire des États-Unis pourront être entendues par tous les amateurs. Le Comité a indiqué quelles longueurs d'onde il conviendrait d'accorder aux stations émettrices de plus faible puissance dont le nombre est actuellement supérieur à 500.

Dans son rapport, le Comité insiste pour qu'on autorise les amateurs à se servir des longueurs d'onde comprises entre 150 et 222 mètres et non plus seulement entre 150 et 200 mètres. La bande 200-222 mètres pourrait être réservée aux stations qui font des émissions télégraphiques en courant continu et qui possèdent une licence spéciale. Les stations expérimentales et celles des écoles de perfectionnement pourraient également puiser dans cette bande de longueurs d'onde. Les stations radiotélégraphiques d'amateurs (postes à étincelles) ne disposeraient plus que de la bande 175-200 mètres.

Le Comité demande en outre que les stations de bord qui transmettent sur 450 mètres de longueur d'onde, cessent de fonctionner entre 19 et 23 heures ; de plus, il conviendrait de les transformer le plus tôt possible afin qu'elles puissent travailler sur des longueurs d'onde supérieures à 600 mètres.

Le rapport du Comité prévoit l'organisation d'un service radiotéléphonique côtier. En utilisant à cette fin des longueurs d'onde de beaucoup supérieures à celles qui sont réservées aux émissions radiophoniques, il n'y aurait pas à craindre des brouillages.

Le rapport dit qu'on devrait autoriser les stations émettrices à

diffuser les télégrammes et les lettres à condition qu'ils ne soient pas adressés personnellement au titulaire de la licence et que leur contenu présente un intérêt général.

Un autre vœu est relatif à la retransmission des émissions de broadcasting laquelle devrait se faire exclusivement sur des longueurs d'onde réservées aux émissions radiophoniques après autorisation de la compagnie émettrice et du ministère du Commerce.

Les membres du Comité sont tous d'avis que le ministre qui délivre les licences d'exploitation a le droit : de régler les heures pendant lesquelles les stations émettrices peuvent fonctionner ; de fixer les longueurs d'onde sur lesquelles se feront les émissions ; de refuser ou de révoquer les licences toutes les fois que pareille mesure sera reconnue nécessaire dans l'intérêt général.

Enfin, le Comité prie instamment les exploitants des stations émettrices et les amateurs qui profitent des émissions de collaborer étroitement avec le ministère pour l'aider à trancher les cas d'espèce dans le but de retirer le plus grand profit possible de la réalisation des vœux émis par le « Comité national radio ».

Un nouveau navire câblier anglais (*The Electrician* : mars 1923). — Le nouveau câblier anglais de la Société Siemens Brothers est destiné à remplacer un ancien câblier du même nom réformé en 1921 après quarante-sept ans de brillants services. Le nouveau « Faraday » est l'un des plus grands navires de cette catégorie ; c'est aussi l'un des plus modernes, Il peu loger 4.500 tonnes de câble ; il est muni de tout le matériel perfectionné nécessaire à la pose et à la réparation des câbles sous-marins. La coque est en acier. Ses caractéristiques sont les suivantes : longueur, 125 mètres ; largeur, 15 mètres ; vitesse, 12 nœuds.

Le « Faraday » renferme quatre cuves à câble munies d'un cône étanche et placées l'une à côté de l'autre dans le sens de la longueur du navire. L'équipage (officiers, matelots, personnel du service des câbles) est supérieur à 150 unités. Il dispose de deux canots de travail, cinq canots de sauvetage ordinaires et deux canots de sauvetage à vapeur.

Les travaux d'épissage, réparations, mesures se font sur le pont

à l'avant duquel se trouvent trois poulies. Immédiatement devant la machinerie se trouve un dynamomètre qui permet de noter la traction du câble; derrière la machinerie est installée une cabine en acier et un abri où se trouvent les organes de commande utilisés lors du relèvement des câbles.

Les machines du navire sont à triple expansion et à condensation en surface. A la vitesse de 88 tours/minute, elles donnent 2.960 H.P. en pleine mer. Elles sont construites pour fonctionner sous un nombre de tours très réduit, ce qui permet, le cas échéant, de faire avancer le navire à la vitesse faible de trois quarts de nœud.

INFORMATIONS ET VARIÉTÉS.

Le passage de l'hydrogène à travers le verre de quartz. — MM. Johnson et Burt ont mesuré la vitesse avec laquelle l'hydrogène traverse le verre de quartz à des températures comprises entre 300 et 900 degrés centigrade. Ils ont repris les expériences avec de l'azote et de l'argon. Pour l'hydrogène, une certaine diffusion commence à 300° environ ; pour l'azote elle est sensible à partir de 600° environ ; dans les deux cas, elle augmente rapidement avec la température. Le volume du gaz diffusé varie sensiblement en raison inverse de la puissance 3/2 du poids moléculaire, ce qui confirme la théorie de l'échappement du gaz à travers des trous ou canaux très fins existant dans le verre. Cependant, l'accroissement de la diffusion varie comme la 3e puissance de la température (ou même comme une puissance plus élevée) plutôt que comme la racine carrée de la température absolue, ainsi que le voudrait la théorie ci-dessus. La diffusion commence à la température à laquelle des modifications de structure se produisent dans la silice cristalline ; ce fait tend à prouver que le passage du gaz peut être la conséquence d'une modification de la structure d'un corps non cristallin.

Un procédé permettant de maintenir de petits objets à une température quelconque comprise entre — 180 et + 20 degrés centigrade. — MM. Cioffi et Taylor ont fait paraître dans le « Journal of the Optical Society of America and Review of scientific Instruments » (vol. VI, p. 906, 1922) un article où sont exposées deux méthodes différentes permettant de maintenir un petit objet quelconque, pendant des heures, à une température qui ne varie guère en plus ou en moins, que de 1 degrés. Il n'est pas possible de résumer ces deux méthodes.

La piézo-électricité des cristaux de sel de Rochelle. — La *Faraday Society* a publié l'an dernier dans ses comptes rendus un mémoire de M. E. K. Scott où sont résumés les travaux effectués dans les laboratoires de l' *A.T. and T. C°* et de la *Western Electric C°* par M. A.-M. Nicolson. L'effet piézo-électrique varie suivant la préparation du cristal ; il est très prononcé quand celui-ci a subi le traitement suivant : on plonge le cristal pendant 24 heures dans l'alcool à 90° et pendant 4 heures environ dans de l'alcool à 100° ; puis, on le place dans un four où il est maintenu pendant plusieurs jours à une température de 40 degrés centigrade. Un couple de torsion aux abords de l'axe principal produit une électrification maximum. Utilisé avec un disque de phonographe, un cristal peut produire plusieurs volts ; l'énergie est suffisante pour actionner un grand nombre de récepteurs téléphoniques ; c'est ainsi qu'avec un seul cristal, on a pu exciter jusqu'à 200 récepteurs ayant chacun une impédance de 12.000 ohms. Avec un amplificateur à lampe, on obtient une très bonne transmission téléphonique en utilisant un cristal en sel de Rochelle à chaque extrémité de la ligne, l'un servant d'appareil de transmission et l'autre d'appareil de réception.

La fonction de l'émission thermionique du tungstène. — Le rapport entre le courant thermoionique et la température, connu sous le nom d'équation de Richardson, s'obtient par des considérations thermodynamiques. Le fait que le raisonnement est en défaut dans l'une quelconque de plusieurs hypothèses, peut conduire à une estimation incorrecte de la fonction de l'émission thermoionique calculée d'après le b de l'équation de Richardson, sans pour cela que le calcul soit inexact lorsqu'on utilise la formule pour calculer le rapport température-émission. Théoriquement, il y a donc un intérêt évident à comparer directement entre elles les valeurs de la fonction calculées d'après le rapport température-émission et les valeurs obtenues par des procédés calorimétriques. MM. Davisson et Germer ont calculé avec le plus grand soin le b de l'équation de Richardson en recourant à deux méthodes expérimentales et en opérant sur un même échantillon de tungstène.

Ils ont trouvé, entre les deux méthodes, une différence de 2,7 °/₀₀, différence supérieure à celle qui pourrait résulter d'erreurs expérimentales matérielles. Si l'on égale à zéro l'énergie thermoionique des électrons de conduction à l'intérieur du métal au lieu de l'égaler à $\frac{3}{2\,k\,T}$ (valeur de la formule classique), les deux valeurs de la fonction concordent dans la limite des erreurs expérimentales possibles. Il résulte d'une série d'expériences faites ultérieurement par MM. Davisson et Germer que la différence peut s'expliquer d'une autre manière. La question sera traitée par eux ultérieurement.

Un oscillographe à rayons cathodiques à faible tension. — M. J. B. Johnson a imaginé un oscillographe à rayons cathodiques qui fonctionne à des tensions faibles de l'ordre de 300 ou 400 volts. Le courant électronique part d'une cathode thermionique et est « focalisé » sous l'action du gaz ionisé inclus dans le tube. Ce gaz, — qui est à une pression de l'ordre de quelques millièmes de millimètre — réduit le diamètre du spot à 1 mm. dans un tube à vide très poussé ce diamètre serait d'un centimètre. Ce tube a une sensibilité telle que la déviation du spot est d'environ 1 mm. par volt appliqué entre les plaques du déflecteur. Si l'on fait usage de la déviation magnétique, on place une paire de bobines de 4 cm. de diamètre de chaque côté du tube ; les bobines produisent une déviation d'environ 1 mm. par ampère-tour de bobinage.

Pertes d'énergie dans les isolants. — M. E. T. Hoch a publié dans le « Bell System Technical Journal » (novembre 1922), un article qui montre qu'on obtient une valeur satisfaisante de la perte d'énergie dans un diélectrique en multipliant l'angle de phase par la constante diélectrique. Bien qu'on n'ait pas à tenir compte explicitement de celle-ci dans le calcul des condensateurs, elle est par contre à envisager de toute nécessité quand il s'agit de construire des panneaux d'appareils et des socles pour lampes à vide. M. Hoch discute la méthode employée pour mesurer l'angle de phase et la constante diélectrique.

TRIBUNE DES ABONNÉS.

Question 20. — Quel est le sens particulier que l'on attribue en télégraphie et téléphonie aux mots « Combinateur » et « Commutateur » ?

Réponse. — Le sens particulier attribué en télégraphie et téléphonie aux mots « Combinateur » et « Commutateur » est le suivant :

Combinateur. — Nom donné par Baudot à l'appareil qui, dans son système télégraphique, enregistre les *combinaisons* ou signaux conventionnels reçus de la ligne, et les traduit automatiquement en caractères typographiques, imprimés sur une bande de papier.

Dans les installations de mesures électriques, on trouve des *combinateurs de connexions*, sortes de commutateurs multiples grâce auxquels, à l'aide d'une seule manœuvre, l'opérateur groupe instantanément les connexions nécessaires à chaque mesure : résistance, perte à la terre, mélange, etc.

Commutateur (Télégraphie). — Instrument servant à relier temporairement un circuit principal avec l'un quelconque de deux ou plusieurs circuits secondaires. Plusieurs commutateurs, rendus solidaires par une même manette, constituent un *commutateur multiple*.

Certains commutateurs sont *inverseurs* et permettent, par exemple, de monter une batterie, par rapport à la ligne, soit en positif, soit en négatif.

Les meubles qui reçoivent les lignes sont aussi des commutateurs et servent à relier une ligne quelconque à un appareil également quelconque du bureau.

Enfin, les *tableaux commutateurs* sont utilisés pour grouper des lignes télégraphiques à faible trafic et les desservir à l'aide d'un nombre restreint d'appareils. Les lignes ne sont reliées à ceux-ci que pendant les transmissions, et, le reste du temps, communiquent chacune avec un annonciateur d'appel.

Commutateur (Téléphonie). — Le « Commutateur téléphonique » est la partie principale de l'installation d'un bureau téléphonique, à savoir, celle où s'opère la liaison des abonnés avec leurs correspondants. Les dimensions du « commutateur téléphonique » varient de quelques décimètres de largeur dans les petits bureaux à une ou deux centaines de mètres dans les grands bureaux. Le « commutateur téléphonique » est desservi par les « opératrices » dans les bureaux manuels ; il fonctionne tout seul, grâce à un mécanisme et à un câblage très compliqués, dans les bureaux automatiques.

BIBLIOGRAPHIE

A. Bibliothèque des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones :

Radiotélégraphie, Radiotéléphonie, Radioconcerts, par E. Reynaud-Bonin, Ingénieur des Postes et Télégraphes. (1 volume de 178 pages, 88 figures ; Gauthier-Villars, éditeur ; prix : 10 francs).

La radiotéléphonie offre aux amateurs des concerts de chant et de musique ; des informations variées, éducatives, littéraires ou sociales et l'on achète maintenant des appareils de T. S. F. comme on achèterait un appareil photographique, une bicyclette ou un phonographe.

L'objet de ce petit ouvrage est d'aider les amateurs à installer leur poste et à en comprendre le fonctionnement ; de leur faire connaître brièvement ce que sont les grands postes qui leur fournissent leurs auditions, quelles sont les difficultés à vaincre pour que ces auditions soient bonnes ; de les intéresser un peu à l'ensemble de la technique des radiocommunications à laquelle ils se rattachent par une extrémité et, si les prévisions qui ont été empruntées aux meilleurs auteurs sont justes, de leur faire entrevoir ce qu'ils peuvent espérer ou ne pas espérer dans le proche avenir.

Quelques mots d'historique montrent combien furent modestes les débuts de la Radio et combien nous sommes redevables aux savants qui posèrent les bases de cette science nouvelle. La découverte des ondes électriques, les perfectionnements des procédés pour les engendrer, des antennes pour les rayonner, la propagation de ces ondes, les phénomènes atmosphériques qui les perturbent sont examinés sans entrer dans le détail pour ne pas donner à ce livre des proportions trop considérables.

L'auteur s'étend davantage sur la réception des ondes radioélectriques et fait en particulier la description très complète des

postes de réception, de leurs antennes ou de leurs cadres, des appareils de syntonie, de détection et d'amplification. Les postes récepteurs sont des installations à la portée de tout le monde tant comme montage que comme prix de revient; le tour de main pour leur réglage est acquis très rapidement et la réception de la radiotéléphonie est même beaucoup plus facile que celle de la radiotélégraphie.

Il y a aussi beaucoup d'amateurs qui préfèrent à la réception sur casque l'audition d'un téléphone haut-parleur ou qui même se proposent de donner des auditions à une assemblée plus ou moins nombreuse. Ce dernier aspect du problème de la réception n'est pas négligé et l'auteur a ainsi parcouru à peu près toute la technique de l'amateur.

B. Ouvrages divers :

Le Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie est une revue mensuelle de la technique des courants à haute fréquence, publiée sous la direction du docteur Nesper, qui reproduit les travaux récents du domaine de la télégraphie et de la téléphonie sans fil, tantôt sous forme d'articles originaux, tantôt sous forme de comptes rendus des revues techniques étrangères. Y ont été publiés notamment les comptes rendus détaillés des études poursuivies en France relativement à l'élimination des parasites.

Le « Jahrbuch » est édité par Krayn, 39 Genthiner Strasse, Berlin W. 10. Le prix de l'abonnement annuel est de 4.000 marks.

Atomes et Électrons. — Rapports et discussions du troisième Conseil de Physique-Institut international de Physique Solvay. Un vol. in-8 (25 × 16) de 274 pages avec figures ; Broché : 20 francs. Gauthier-Villars et Cie, Imprimeurs-Éditeurs, 55, quai des Grands-Augustins, Paris (VIe).

Le troisième des Conseils de Physique, prévus par les Statuts de l'Institut international de Physique fondé par Ernest Solvay, le 1er mai 1922, s'est tenu à Bruxelles du 1er au 6 avril 1921, sous la présidence du professeur H.-A Lorentz, de Haarlem.

BREVETS D'INVENTION (1)

546.343. — Transmetteur portatif, actionné automatiquement pour la radiotélégraphie et la télégraphie lumineuse et par le sol. — M. Henry-Joseph Farrell. — Angleterre.

546.347. — Perfectionnements aux appareils de transmission et de réception téléphotographiques, permettant l'emploi de courant alternatif. — Société des Établissements Édouard Belin. — France.

546.589. — Combiné pour poste téléphonique. — Compagnie générale de télégraphie et de téléphonie et M. André Hardy. — France.

546.611. — Manipulateur mécanique sonore pour apprendre à lire au son l'écriture télégraphique « Morse ». — M. Léon Corbusier. — France.

546.667. — Système de sonnerie à code pour lignes rurales partagées. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

546.714. — Synchronisation d'installations fonctionnant avec des cellules sensibles à la lumière pour la transmission électrique à distance des images. — M. Dènes de Mihaly. — Hongrie.

546.759. — Procédé et dispositif permettant d'effectuer la copie continue et automatique des télégrammes. — M. Magne Hermod Petersen. — Norvège.

546.782. — Système d'appel pour conférence. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

547.101. — Lampe à trois électrodes à ions et à grille chaude. — Société anonyme pour l'exploitation des procédés Maurice Leblanc Vickers. — France.

547.199. — Perfectionnements apportés à la radio-signalisation. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

547.200. — Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automa-

(1) Les descriptions (notices et dessins) relatives aux brevets sont en vente à l'Imprimerie Nationale, 87, rue Vieille-du-Temple, Paris (IIIe).

tiques. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

547.394. — Dispositif de commutation pour la réversibilité des amplificateurs sur lignes téléphoniques. — Société d'études pour liaisons téléphoniques et télégraphiques à longue distance. — France.

547.401. — Montage d'accouplement pour dispositifs amplificateurs avec tubes à décharge. — MM. Joseph Massolle, Joseph Engl et Hans Vogt. — Allemagne.

547.422. — Dispositif de transmission de signaux à caractère général pour systèmes de télégraphie sans fil, projections lumineuses et lignes terrestres. — M. Edward-Joseph Quinn. — Angleterre.

547.478. — Micro-téléphone combiné. — Société des téléphones Ericsson. — France.

547.501. — Téléphone multiple automatique. — M. Michel Tchoubritch. — France.

547.543. — Perfectionnements aux récepteurs microtéléphoniques. — M. Léon Magnien. — France.

547.555. — Procédé et appareils de transmission des images à distance avec ou sans fil. — M. Serge Meschkoff. — France.

Ce procédé consiste à influencer, au poste émetteur, une lampe à trois électrodes, proportionnellement à l'intensité lumineuse ou au relief en chaque point de l'image ; un dispositif convenable transforme les variations d'intensité lumineuse en une énergie électrique variable, le courant est alors transmis par antenne ou par ligne. Au poste récepteur, on amplifié, par un ou plusieurs audions, les courants ou ondes électriques reçus et on influence, par ces courants reçus, une source lumineuse dont les variations d'intensité reconstituent par synthèse, au moyen d'un appareil convenable, l'image transmise.

547.569. — Détecteurs synchrones du genre dynatron. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

547.572. — Perfectionnements apportés aux récepteurs téléphoniques. — Société : Le Matériel téléphonique. — France. —

547.597. — Poste téléphonique avec téléphonographe. — Société : N. V. Financieele Maatschappij « Driebergen ». — Pays-Bas.

547.600. — Système d'appel pour conférence. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

547.601. — Connecteur rotatif à frotteur d'essai unique. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.



547.618. — Système de raccordement entre centraux automatiques ruraux. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

547.674. — Condensateur variable à mercure pour télégraphie sans fil. — M. Louis Tollemer. — France.

547.682. — Perfectionnements apportés aux systèmes de commutateurs de ligne primaires et secondaires. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

548.072. — Perfectionnements apportés aux montages et appareils de télégraphie et de téléphonie sans fil. — M. René-Eugène-Jean Borderes. — France.

548.082. — Système de transmission par télégraphie sans fil. — Société Anonyme International Wireless Appliances Corporation. — France.

On sait que l'énergie reçue par un collecteur d'ondes est inversement proportionnelle au carré de la distance entre le récepteur et le transmetteur, sans tenir compte de l'absorption d'énergie par le sol, qui augmente avec la distance. De ce fait, pour communiquer entre deux points éloignés, il est nécessaire d'utiliser une énergie relativement grande.

Le nouveau système consiste à disposer, entre les postes extrêmes, émetteur, et récepteur un certain nombre de postes relais automatiques, recevant et transmettant au poste suivant simultanément les signaux reçus, c'est-à-dire formant postes duplex automatiques de puissance relativement réduite, en sorte que la puissance totale utilisée pour la transmission est considérablement diminuée et que l'émission dirigée est limitée à la portée des postes employées.

548.167. — Tissu conducteur servant à la réception des ondes hertziennes. — M. Henri-Étienne-Victor Chareyre. — France.

548.172. — Installation téléphonique. — Société : Hackethal-Draht und Kabelwerke Aktiengesellschaft. — Allemagne.

548.248. — Perfectionnements apportés aux échanges téléphoniques — Société : The Relay Automatic Telephone Company. — Angleterre.

548.289. — Microphones téléphoniques. — Société : Dictograph Products Corporation. — États-Unis d'Amérique.

548.312. — Disposition pour la réception sans dérangement de signaux acoustiques. — Société : Signal Gesellschaft. — Allemagne.

548.334. — Relais perfectionné pour téléphonie électriques et autres applications. — Société des téléphones Ericsson. — France.

548.342. — Dispositif d'élimination des parasites basé sur l'emploi

d'un système dynamométrique. — M. Joseph Bethenod. — France.

548.466. — Applique téléphonique étanche sans bouton d'appel et poste téléphonique étanche. — Société anonyme : Établissements L. Hamm. — France.

548.471. — Poste téléphonique portatif. — Société industrielle d'instruments de précision et dynamo-phare Eyquem. — France.

548.481. — Dispositif de raccordement pour lignes téléphoniques. — Société industrielle d'instruments de précision et dynamo-phare Eyquem. — France.

548.583. — Système électrique de blocage particulièrement applicable dans les postes téléphoniques à intercommunication. — Société ndustrielle d'instruments de précision et dynamo-phare Eyquem. — France.

548.512. — Relais sensible basé sur la mise en résonance de deux systèmes vibrants couplés et normalement désaccordés. — Société française radio-électrique. — France.

Le système consiste, en principe, à utiliser le courant de signal, ou courant faible, à produire une variation dans la période de vibration d'un système mécanique animé d'un mouvement oscillatoire, de telle sorte qu'un second système, convenablement couplé avec le précédent, et susceptible de vibrer à une fréquence voisine, entre à son tour en vibration par résonance : cette mise en vibration est utilisée pour produire l'effet utile, appel, etc...

548.587. — Perfectionnements aux systèmes téléphoniques auto matiques. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés-Thomson-Houston. — France.

548.664. — Procédé et moyen pour assurer le secret des conversations entre postes téléphoniques simples ou à appels multiples. — M. Gustave-Émile Griffon. — France.

548.848. — Connecteur à service mixte. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

548.930. — Perfectionnements aux modes de réceptions des signaux radio-télégraphiques par ondes entretenues. — Société : Marconi's Wireless Telegraph Company. — Angleterre.

548.973. — Mode de support perfectionné des électrodes des dispositifs à émission thermo-ionique. — Société : Marconi's Wireless Telegraph Company. — Angleterre.

549.026. — Générateur thermo-ionique d'oscillations électriques. — M. Lucien Lévy. — France.

549.253. — Procédé et appareils pour le chiffrage des termes du code, représentés par des groupes de chiffres, en des groupes prononçables de lettres, et pour le déchiffrage de tels groupes de lettres. — Société : Aktiebolaget Cryptograph. — Suède.

549.305. — Perfectionnements à la télégraphie multiplex. — MM. Frederick-Eugène Pernot et Lester-Jacob Rich. — États-Unis d'Amérique.

549.328. — Circuit d'observation du trafic. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

549.395. — Perfectionnements apportés aux systèmes téléphoniques. — Société dite : The Relay Automatic Telephone Cy. — Angleterre.

549.500. — Système multiple télégraphique et radio-télégraphique mprimeur. — MM. Émilio Peruzzi et Savino Preti. — Italie.

549.586. — Perfectionnements dans les mécanismes indicateurs pour les télégraphes imprimeurs. — M. Edward-Ernest Kleinschmidt. — États-Unis d'Amérique.

549.706. — Transfert d'appels. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

549.707. — Pavillon de récepteur téléphonique. — Société anonyme des porcelaines et appareillages électriques Grammont. — France.

549.793. — Poste téléphonique. — MM. Georges-Charles Bouchery et Abel-Joseph Blun. — France.

549.809. — Dispositif transmetteur et récepteur électrique, applicable particulièrement à la télégraphie. — M. Pierre Lindet. — France.

549.901. — Perfectionnements apportés aux systèmes de signalisation par ondes porteuses à haute fréquence. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

550.012. — Récepteur de superposition pour radio-télégraphie. — M. Gerhard Passarge. — Allemagne.

550.110. — Appareils acoustiques, tels que écouteurs téléphoniques, et leur procédé de fabrication. — M. Emmanuel-Ghislain-Joseph Herbay. — France.

550.248. — Perfectionnements aux dispositifs pour la production d'une bande perforée au moyen d'impulsions de courant électrique. — M. Gunner-Julius-Johannes Rosendahl. — Angleterre.

550.292. – Procédé pour la pupinisation des lignes téléphoniques à haute fréquence. — Firme : Felten und Guilleaume Carlswerk, A.G. — Allemagne.

550.385. — Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

550.459. — Perfectionnements aux appareils télégraphiques imprimants. — Raison Sociale : Kleber International Telegraph type-Writer C°. — États-Unis d'Amérique.

550.469. — Détecteur d'ondes à réglages multiples. — MM. Robert Henri et Germain Plancon. — France.

550.618. — Perfectionnements aux mécanismes de transmission de mouvement, du genre utilisé, notamment, dans les transmetteurs de signaux. — M. Amédée Seguin. — France.

550.690. — Lignes auxiliaires longue distance pour centraux automatiques privés. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

550.708. — Écouteur téléphonique plus spécialement destiné aux aviateurs pour la réception des signaux de T.S.F. — M. Eugène-Louis Gueneau. — France.

550.784. — Système téléphonique automatique perfectionné. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

550.789. — Système de réception et de contrôle des ondes électromagnétiques. — Société : International Wireless Appliances Corporation. — France.

550.890. — Système indicateur d'appels. – Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

Le Gérant,
LÉON EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS.

ANNÉE. — N° 9. SEPTEMBRE 1923.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS
D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE.
3 RUE THÉNARD. PARIS Ve

Prix de l'Abonnement annuel : France .... 30 francs ; Etranger .... 34 francs.

ANNÉE. — N° 9. SEPTEMBRE 1923.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE.
3 RUE THÉNARD, PARIS Ve

Prix de l'Abonnement annuel : France .... 30 francs ; Etranger .... 34 francs.

COMMISSION DES ANNALES

DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une Commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes.*

Cette Commission se réunit à l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las-Cases, Paris, VIIe.

Membres de la Commission :

NOTA : La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

STATION RADIOTÉLÉPHONIQUE
DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES

Étant donné l'intérêt très vif soulevé par les transmissions radiotéléphoniques de l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, nous avons pensé que nos lecteurs seraient heureux de connaître quelques détails sur la station émettrice.

On peut diviser l'ensemble des appareils comme suit :

1. Le poste d'émission.
2. Les moteurs et générateurs.
3. Les tableaux de contrôle.
4. Le microphone et l'amplificateur.
5. L'antenne.
6. Les appareils de réception.

1. Poste d'émission. — Le poste d'émission est essentiellement un générateur de courants de haute fréquence associé à l'ensemble modulateur, c'est-à-dire aux appareils capables de modifier l'amplitude des courants de haute fréquence suivant les vibrations complexes de la voix ou de la musique.

Ces circuits sont installés à l'intérieur d'un châssis métallique dont le devant forme panneau. Les appareils de mesure et les manettes de réglage sont montées sur ce panneau. Tous les appareils tels que résistances, condensateurs fixes, bobines d'induction, filtres, relais, etc., qui ne demandent pas d'observation, sont montés à l'intérieur du châssis, les différents organes étant disposés de telle façon que l'ensemble est très compact, chaque organe restant cependant facile à atteindre.

Le bâti est entouré de trois côtés de grilles facilement démontables, ce qui évite tout contact accidentel avec les circuits sous tension.

Tubes à vide. — Les tubes à vide employés ont un filament de platine recouvert d'oxydes de baryum et de strontium (fig. 1).

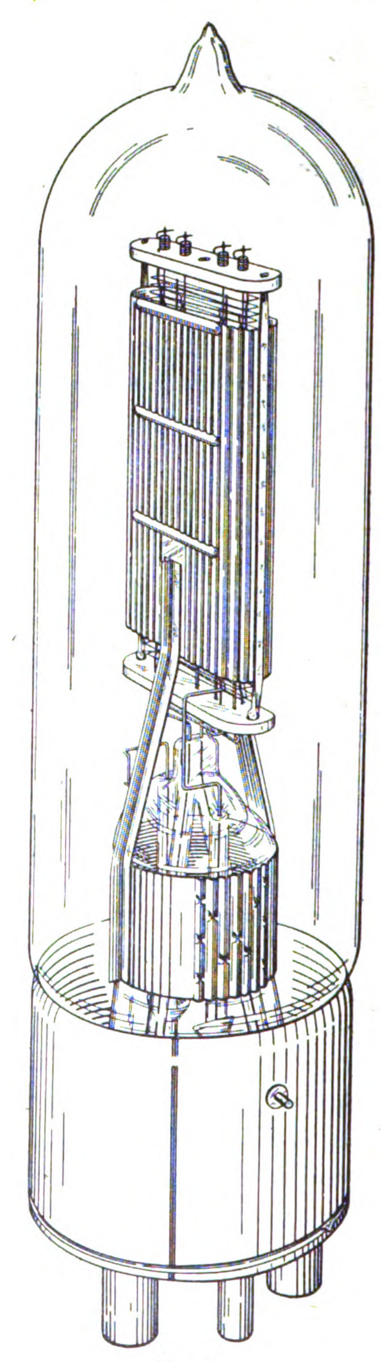
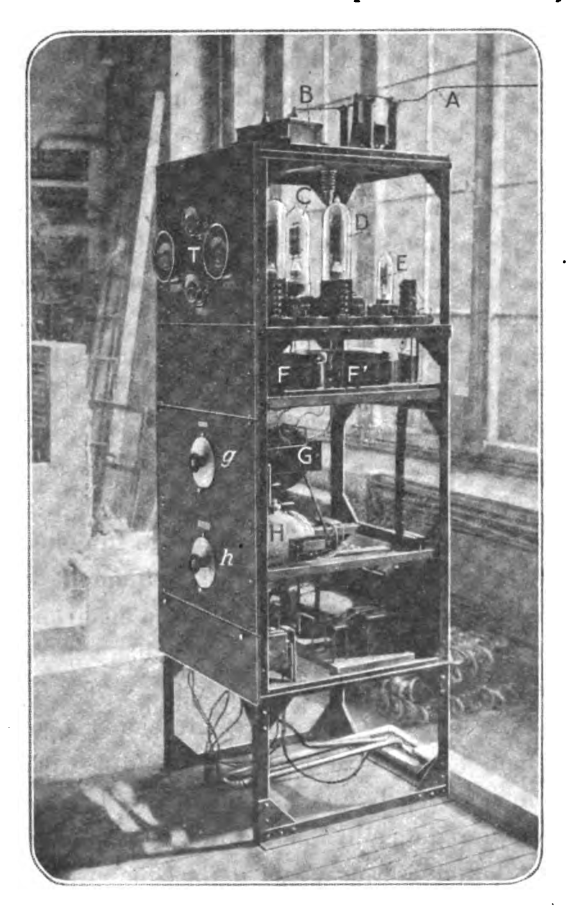


Fig. 1.

Un filament de ce genre représente actuellement la source d'électrons la plus économique, c'est-à-dire qu'il fournit l'émission électronique maximum pour une certaine énergie dissipée dans le filament. C'est un fait bien connu que certains composés chi-



Détail du poste d'émission à lampes installé à l'Ecole supérieure des Postes et Télégraphes, rue de Grenelle. (Cliché de l'*Illustration.*)

A, sortie de poste. — B, condensateur d'antenne (ramenant la longueur d'onde à 450 mètres). — C, D, E, les lampes oscillatrices, modulatrices et amplificatrices. — FF' transformateurs. — G, ensemble de selfs grille-plaque et variomètre d'antenne. — H, condensateur à air du circuit oscillant. — T, appareils de mesure du courant des lampes oscillatrices, modulatrices, du courant de grille, du courant d'antenne. — *g*, boutons de manœuvre du variomètre d'antenne. — *h*, boutons de manœuvre du condensateur à air du circuit oscillant. — La tension de plaque, fournie par une dynamo, est 1.600 volts. La tension de chauffage, 14 volts (14 ampères).

miques, quand on les applique sur un même métal, en augmentent l'émission électronique dans des proportions considérables. Des considérations de résistance mécanique et de résistance électrique ont conduit à choisir un fil de platine iridium. Ce fil est aplati en forme de ruban pour augmenter sa surface, et le ruban est tordu sur lui-même pour lui donner de meilleures propriétés mécaniques. Des études approfondies ont montré qu'une série de couches d'oxyde de barium et d'oxyde de strontium donne de très bons résultats. Un filament de ce genre est porté à une température relativement peu élevée correspondant au rouge sombre. L'émission électronique d'un centimètre carré de tungstène, à haute température est à peu près 10 fois plus grande que celle d'un centimètre carré de filament recouvert d'oxydes. Il en résulte que la structure grille-plaque d'un tube à filament de tungstène sera beaucoup plus petite que celle d'un oxydion équivalent. La construction de ce dernier tube est rendue plus facile par ses dimensions plus grande, il est possible ainsi d'avoir des tubes à vide « interchangeables ».

L'émission électronique d'un filament de tungstène croît très vite avec la température. Au contraire, le filament oxydion est à température de « saturation » ; le nombre d'électrons émis reste à peu près indépendant du courant de chauffage entre des limites assez larges.

Filtre. — La tension continue fournie aux plaques par la génératrice haute tension est légèrement ondulée par suite de la commutation ; il en résulterait un ronflement à la réception qu'on évite par l'emploi d'un filtre électrique, constitué par une self en série avec l'alimentation et de deux condensateurs en dérivation.

Passage sur transmission. — Pour passer sur transmission, on fait agir le relais auxiliaire qui commande le relais d'antenne. Celui-ci établit la connection entre l'antenne et le poste émetteur.

Le relais d'antenne est mû par un électro-plongeur. Le courant dans les bobines étant intense, celles-ci chaufferaient rapidement, mais le relais arrivant à fin de course introduit une

résistance dans le circuit, le courant résiduel est suffisant pour maintenir le relais en position.

2. **Moteurs et générateurs.** — Les moteurs et générateurs sont placés au sous-sol ; toutes les manœuvres de démarrage des moteurs et de réglage de la tension se font depuis la salle de transmission.

La puissance est fournie par le réseau de la ville : courant alternatif à 42 périodes sous 110 volts. On alimente un moteur asynchrone monophasé de 5 1/2 kW. tournant à 1.200 tours en charge. Ce moteur est couplé par courroie avec une génératrice à courant continu tournant à 1.850 tours.

Un deuxième groupe est composé de deux génératrices entraînées en bout d'arbre par un moteur à courant continu 110 volts — 1.750 tours. L'induit de ce moteur est relié directement aux bornes de la génératrice à travers un interrupteur avec fusible qui doit rester normalement fermé. Lorsque le moteur asynchrone est en vitesse, il suffit, pour démarrer le deuxième groupe, d'exciter progressivement la génératrice jusqu'à avoir la tension normale. La vitesse sera ensuite augmentée en diminuant l'excitation du moteur. La génératrice directement couplée au moteur fournit l'alimentation des plaques. C'est une machine à courant continu capable de donner 1,25 ampère sous 1.600 volts. L'induit est double et possède un collecteur à chaque extrémité ; chaque collecteur fournit 800^v, les balais sont en série. La charge de cette génératrice varie pendant la marche, il est donc avantageux d'employer un moteur shunt, ce qui réduit les variations de vitesse.

L'excitation est fournie par la génératrice basse tension. Cette machine à excitation shunt fournit le courant de chauffage des tubes et le courant d'excitation de la génératrice haute tension. La tension de cette machine est réglée par un rhéostat de champ monté sur le panneau de contrôle, on a une variation de 0,2 volt par plot du rhéostat.

Les deux génératrices ont été étudiées en vue d'obtenir le minimum des fluctuations dans la tension dues à la commutation, ce qui produirait un ronflement à la réception.

3. **Panneau de contrôle.** — Le panneau de contrôle comporte deux voltmètres donnant la tension de chauffage et la tension plaque.

Le voltmètre basse tension a une échelle de 0 à 25 volts ; il est connecté directement aux bornes du filament pour éviter l'erreur qui proviendrait de la chute de tension dans les câbles d'alimentation. Le second voltmètre a une échelle de 0 à 2.600 volts, le boîtier est mis à la terre pour éviter tout danger. Le panneau de contrôle comporte de plus, un interrupteur dans le circuit de chauffage, un interrupteur dans le circuit d'excitation de la génératrice haute tension, un disjoncteur unipolaire sur le + de l'arrivée de la haute tension et un interrupteur bipolaire à la sortie du même circuit. La porte s'ouvrant à l'arrière du panneau manœuvre un interrupteur de sécurité qui coupe l'excitation de la génératrice à haute tension, évitant, par suite, tout accident. A l'intérieur se trouvent les fusibles sur les différents circuits, et le rhéostat de champ de la génératrice haute tension. Il faut bien remarquer que ce rhéostat ne doit être réglé qu'une fois pour toutes, car en amenant la tension de chauffage à la valeur correcte : 14,5 volts, on aura l'excitation voulue pour obtenir 1.600 volts de tension plaque.

4. **Microphone et amplificateur.** — Une part très importante est prise dans la modulation par le microphone. Si une certaine distorsion est introduite dès le début, la transmission sera évidemment défectueuse. Le microphone spécialement étudié possède un diaphragme tendu dont la fréquence naturelle est élevée ; de plus, l'emploi d'une chambre étanche, très étroite, entre le diaphragme et la boîte du microphone amortit considérablement le diaphragme. Le microphone possède un double bouton et doit donc être alimenté par trois fils (fig. 2).

La reproduction de la parole ou de la musique est d'une qualité très satisfaisante ; les résultats peuvent être comparés seulement avec ceux obtenus par l'emploi d'un transmetteur à condensateur, sans nécessiter toutefois une amplification aussi considérable.

Le rendement du microphone est faible. Il est nécessaire d'employer 3 étages d'amplification à basse fréquence avant

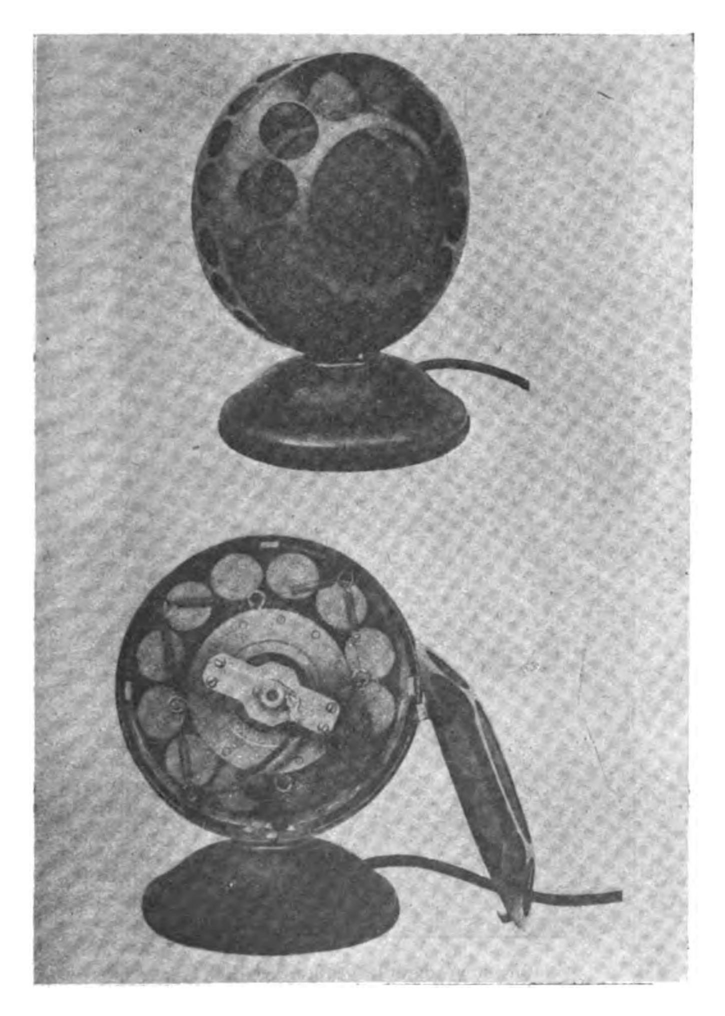
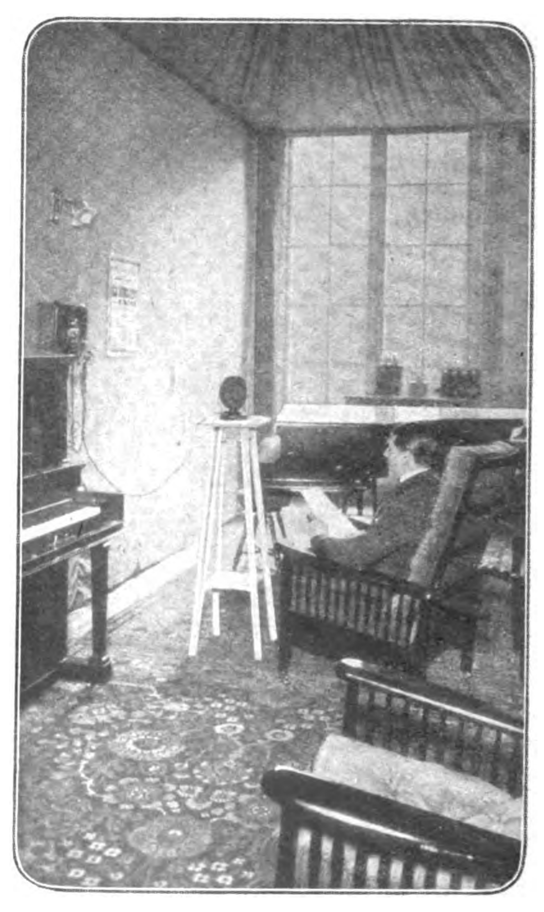


Fig. 2.

d'arriver aux appareils de modulation proprement dits. Cet amplificateur est étudié en vue de n'introduire aucune distorsion appréciable.

5. **Antenne.** — L'antenne est du type horizontal. Elle est

formée de 7 fils parallèles posés à une distance de 40 cm. les uns des autres, et à une hauteur de 30 mètres environ. La longueur de cette nappe est de 100 mètres. La descente d'antenne



Conférencier dans le studio des P.T.T.
(Le microphone est placé devant lui sur un chevalet.) (Cliché de l'*Illustration*).

se fait d'un point qui est environ au tiers de la longueur, la forme est donc un T asymétrique.

Le courant haute fréquence à la base de l'antenne pour une longueur d'onde de 450 mètres est de 6 ampères.

6. **Appareils de réception.** — La station est pourvue d'un

poste de réception allant de 300 à 700 mètres. Le circuit primaire est à couplage magnétique indirect réglable avec le circuit secondaire ; la première lampe est détectrice sans réaction, et les deux suivantes amplificatrices à basse fréquence avec couplage par transformateur.

Un inverseur permet de passer sur un autre poste du type oudin à 2 curseurs avec détecteur à galène.

Studio. — Le studio est la chambre dans laquelle se trouvent placé le microphone, le petit tableau qui sert à la liaison entre le speaker et l'opérateur, le piano, le phonographe, etc.

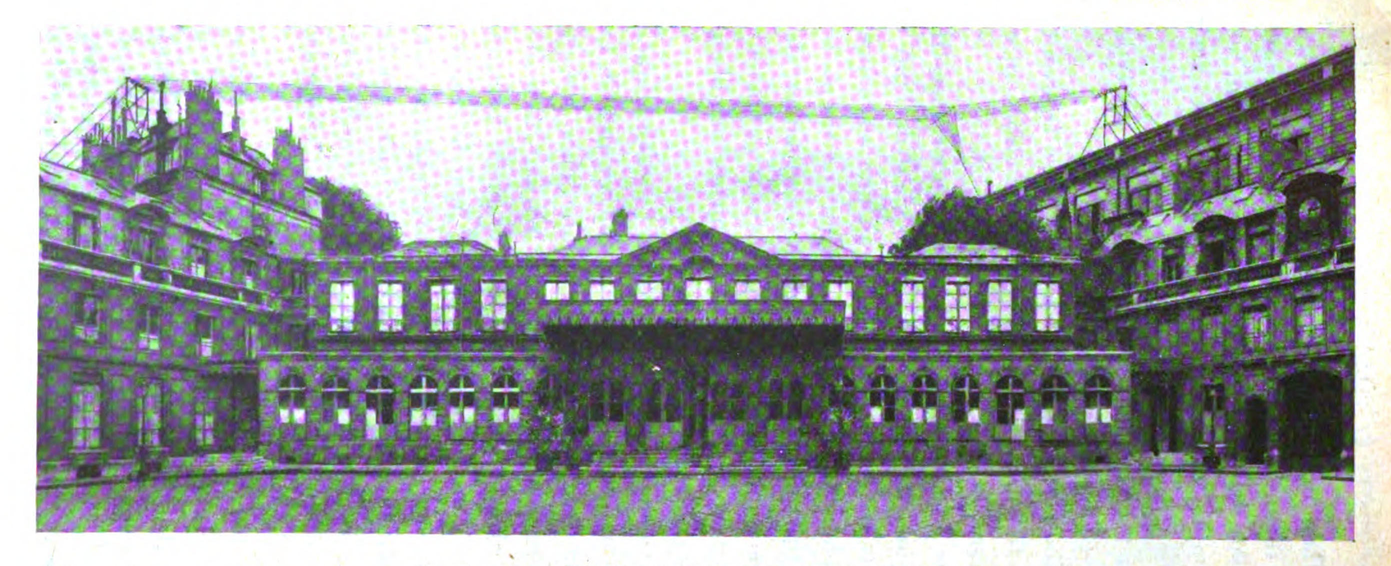
L'étude accoustique du studio est de première importance. Il doit être naturellement exempt de bruits provenant de l'intérieur ; il faut éviter tout écho, ce qui donnerait une résonance métallique au microphone. Pour arriver à ce but, on drape le plafond et les murs du studio, le parquet est aussi recouvert de tapis. On ne peut cependant absorber par trop les sons ce qui leur enlève de leur éclat ; de plus, certains instruments semblent s'accommoder de plus d'absorption que d'autres.

Il est de plus extrêmement important d'étudier systématiquement l'influence de la position du microphone sur la pureté de la transmission. Il semble que pour le piano il faille jouer, autant que possible, sans faire usage des pédales ; on obtient les meilleurs résultats en se plaçant vers l'extrémité du piano à droite du pianiste ; pour le violon, à 2 mètres à droite ; pour le violoncelle, à 2 mètres à gauche ; pour les chanteurs et cantatrices, on a intérêt à augmenter d'autant plus la distance au micro que la voix est plus basse. On peut admettre à titre d'indication 2 mètres pur un soprano ou un ténor et de 3 à 4 mètres pour une voix de mezzo ou de basse.

Pour la parole, la distance doit être réduite à une distance variant de 50 centimètres à 1 mètre.

Dans tous les cas, il est important d'obtenir que les artistes parlent ou chantent dans la direction du microphone et ne tournent pas la tête. Il est bon que les artistes n'exagèrent pas les nuances, les passages très piano disparaissent quelquefois à la réception.





L'antenne des P.T.T., vue de la cour, rue de Grenelle.

Cette antenne est constituée par une nappe inclinée de 100 mètres de longueur, suspendue à 30 mètres du sol en son point le plus élevé, mais, par endroits, à 3 mètres seulement des cheminées et des arbres. Elle comporte 7 fils de cuivre de 3 millimètres de diamètre, écartés les uns des autres de 40 centimètres. — Les spécialistes de T.S.F. constateront que cette antenne fonctionne ainsi dans d'assez mauvaises conditions ; d'autant plus que la *terre*, en ce sol constitué par des matériaux rapportés, est « plus résistante » qu'il ne conviendrait. Pour l'améliorer, on l'a renforcée de plaques et de fils de cuivre, excellents conducteurs, enfouis dans trois puits qui ont été creusés dans le jardin du ministère du Commerce. — Les spécialistes constateront avec surprise encore que la longueur d'onde propre de cette antenne est de 510 mètres, alors que l'émission se fait sur 450 ; la longueur d'onde nécessaire est obtenue par l'emploi de deux condensateurs placés à la sortie du poste émetteur. Malgré ces conditions défavorables, la station des P.T.T. obtient des résultats très brillants, on le sait. — Enfin, la puissance développée en moyenne dans les transmissions de ce poste est de 380 watts-antenne. L'intensité dans l'antenne atteint 6 à 7 ampères seulement. (Cliché de l'*Illustration*.)

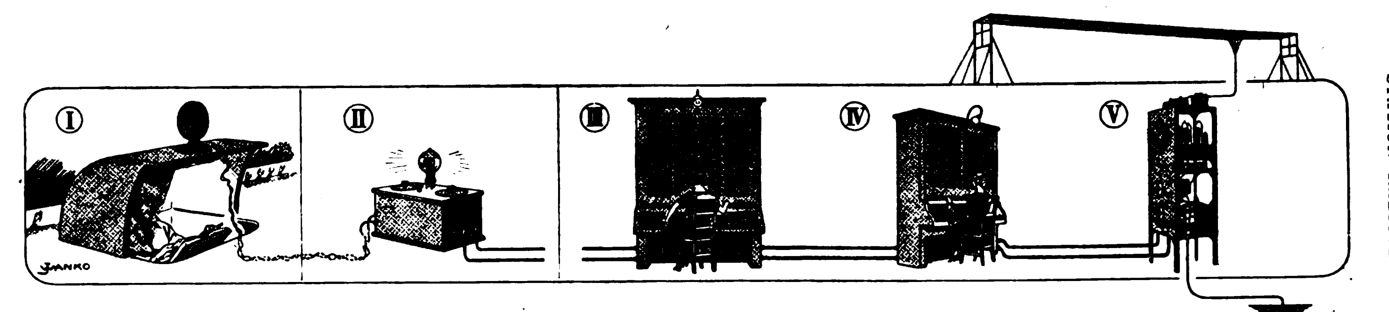
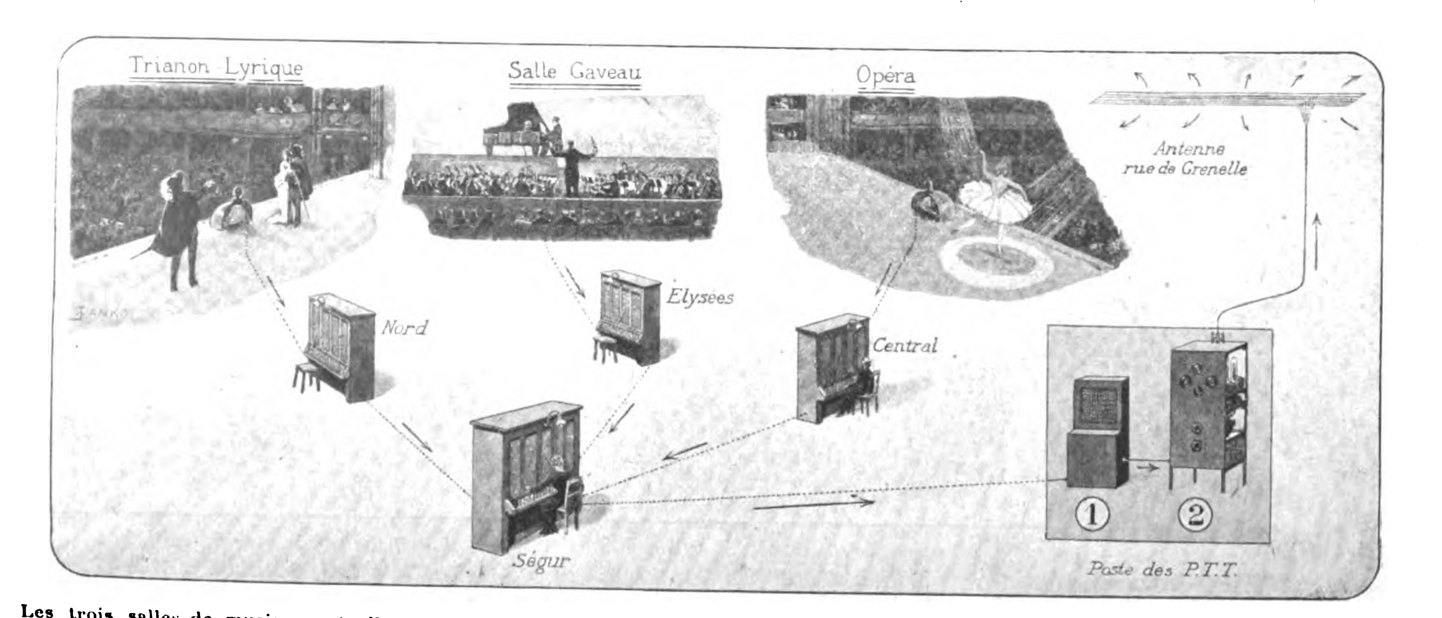


Schéma d'une transmission opérée par les P.T.T. depuis la scène d'un théâtre parisien jusqu'à l'antenne de la rue de Grenelle.
I. Le microphone à deux faces est placé sur la boite du souffleur. — II. Des fils dissimulés sous le plancher relient l'appareil à un amplificateur caché dans les coulisses. — III. La communication est établie au bureau téléphonique qui normalement dessert le théâtre. — IV. Ce bureau la repasse au bureau qui dessert la rue de Grenelle. — V. La communication arrive au poste installé dans l'Ecole supérieure des P.T.T., c'est-à-dire au standard téléphonique, à l'amplificateur, puis à l'appareil émetteur proprement dit qui, par l'antenne, la lance à travers l'espace. (Cliché de l'*Illustration*.)



Les trois salles de musique actuellement en relations avec les P.T.T. sont mises en communication avec le poste émetteur, comme le seraient des abonnés entre eux c'est-à-dire par le fonctionnement habituel des fiches et des jacks. — En 1, est figuré le standard de l'Ecole supérieure ; en 2, l'appareil d'émission. (Cliché de l'*Illustration*.)

Lorsqu'on veut donner un concert avec orchestre, la question devient encore plus complexe ; il y a intérêt à rapprocher du microphone les instruments aigus, mais la seule méthode sûre est de faire un essai avant le concert, écouter avec le haut-parleur et modifier la position du microphone jusqu'à obtenir le rapport voulu entre les différents instruments. On peut augmenter l'absorption dans le studio pour une audition en y faisant entrer plusieurs personnes ; on diminuera l'absorption en repliant les rideaux.

La station est connectée directement par lignes téléphoniques avec la Sorbonne, la Salle Gaveau, l'amphithéâtre de l'École Supérieure des Postes et Télégraphes et avec divers théâtres. Ces lignes aboutissent à l'amplificateur basse fréquence et peuvent être reliées par la manœuvre d'une clé. A l'autre extrémité de ces circuits se trouvent un amplificateur et un microphone spécial à double bouton, le but de l'amplification au départ étant de réduire l'effet de l'induction due aux lignes voisignes en augmentant l'intensité du courant dans la ligne.

La qualité de la transmission des concerts ou des conférences a été très appréciée dès le début des transmissions ainsi qu'en font foi les nombreuses lettres reçues par la Direction de l'École Supérieure des P. T. T.

LE "FADING-EFFECT" (1)

Par le Capitaine E. P. ECKERSLEY,
Ingénieur en Chef de la British Broadcasting Co.

Le phénomène du Fading est connu depuis longtemps des techniciens de la T.S.F., mais la radiotéléphonie a mis ce sujet à l'ordre du jour.

Que faut-il entendre par ce terme?

Quand vous écoutez un poste de broadcasting, c'est-à-dire une émission musicale radiotéléphonique faite sur des ondes inférieures à 500 mètres, vous constatez que les signaux deviennent soudain de plus en plus faibles. Vous essayez rapidement d'obtenir un nouveau réglage, mais la manœuvre de votre récepteur ne donne aucun résultat. Tout à coup les signaux reviennent à leur intensité primitive sans autrement vous prévenir. Beaucoup de personnes constatent que leurs postes récepteurs ne sont pas la cause de ce phénomène et immédiatement se plaignent de l'irrégularité de transmission des postes émetteurs.

En réalité, la transmission d'une station radiotéléphonique bien réglée ne varie pas et, sauf les nuances exigées par la musique, la modulation est sensiblement constante.

La cause de cette variation des signaux réside autre part : elle se trouve entre la station émettrice et le poste récepteur. Dès lors se posent les questions suivantes : les ondes sont-elles influencées par une ou des causes extérieures et qu'elles sont-elles? Pourquoi par exemple, certains quartiers de Londres sont-ils atteints par ce phénomène et pas d'autres? Pourquoi le fading ne se produit que la nuit? Pourquoi les signaux reçus la nuit sont-ils en certains endroits plus forts que les signaux reçus le

(1) *Wireless World and Radio Review*, juin 1923.

jour ? Pourquoi le poste 2 LO situé à Londres n'est-il pas entendu en Espagne qu'un quart d'heure après le coucher du soleil, tandis que les îles Sheetland le reçoivent presque uniformément ? La réponse de l'auteur est simplement : *Je ne sais pas*.

Mais il existe une théorie générale qui peut servir de base aux explications du fading effect. D'abord, en dépit de tout ce que vous avez entendu raconter sur le royaume de l'air, les ondes hertziennes voyagent à travers l'éther qui est le milieu de transmission de toutes les ondes électro-magnétiques. L'éther est un isolant parfait et pour nos sens ce n'est rien. Mais flottant dans cet éther, il existe des particules agitées perpétuellement et qui constituent la matière dans sa forme la plus simple. Si la matière est conductrice, elle empêche la propagation des ondes électro-magnétiques se déplaçant dans l'éther qui sert de support à la matière en suspension, si l'on peut employer cette expression figurée. Ainsi si l'air est conducteur, il empêche les ondes hertziennes de se propager. C'est peut-être une surprise pour beaucoup d'entre vous que d'apprendre que l'air peut devenir conducteur. On n'a pas l'habitude de placer les conducteurs dans le vide, l'air peut devenir très bon conducteur et il le devient sous l'influence de la lumière solaire. Il arrive que de petites particules d'air, appelées molécules, entrent en agitation sous l'influence des rayons solaires et sont séparées par de petites unités électrisées qui rendent possible le passage de l'électricité.

Nous pouvons nous représenter la Terre éclairée d'un côté par le soleil, l'autre face étant obscure. Du côté éclairé, les particules électrisées sont figurées par des séries de points noirs. Dans la partie sombre, c'est-à-dire la face plongée dans la nuit, ces particules se sont recombinées près de la surface du sol pendant que d'autres se sont élevées dans l'atmosphère et se sont réunies de façon à former une sorte de voûte à environ 36 ou 64 kilomètres au-dessus du sol. Cette couche est dispersée par la lumière solaire. Heaviside en émit le pemier l'hypothèse et son nom fut donné à cette voûte qui est désignée par *couche d'Heaviside*.

Examinons maintenant ce qui va se passer entre deux stations

A et B placées dans la zone de nuit. Quelques-unes des ondes iront directement de A à B, mais la plupart d'entre elles atteindront la couche d'Heaviside et seront réfléchies. Les ondes réfléchies s'ajoutent aux ondes directes et ainsi les qualités de réflexion de la couche réfléchissante varient, par suite la qualité de la réception en B varie.

On peut en somme comparer la couche à un grand miroir, et comme ce miroir varie, les signaux sont réfléchis plus ou moins et le fading se produit.

Si cette théorie est vraie, certaines données peuvent être établies et vérifiées expérimentalement.

1° Il ne doit pas y avoir de fading pendant le jour, mais les signaux reçus doivent être uniformément faibles.

C'est exact ;

2° On doit constater l'existence de rayons inclinés considérablement sur la verticale. En radiogonimétrie, on se sert d'un cadre dont on fait varier le plan vertical. Quand le cadre se trouve à un angle droit avec les ondes étudiées, on ne doit recevoir aucun signal, mais seulement dans le cas où les ondes arrivent horizontalement. Une onde arrivant verticalement affectera le cadre et aucun minimum ne sera trouvé. C'est ce qui arrive actuellement, car un simple cadre ne tient aucun compte de la composante verticale, lors des réceptions de nuit ;

3° Si l'on emploie un cadre qui reçoive largement les rayons directs et réfléchis, on doit constater de la distorsion dans la parole.

Ceci est marqué avec un cadre et jamais sur une antenne verticale ;

4° Le fading sera plus important à une grande distance de l'émission qu'à courte distance. L'expérience le prouve ;

5° Le fading sera plus important sur terre que sur mèr en raison de l'affaiblissement plus grand des rayons directs. Ceci est vérifié par l'expérience.

On ne peut pas aller plus loin dans ces remarqnes, car l'ensemble du phénomène doit dépendre également de causes différentes pour chaque cas.

Le fading local, qui a été signalé dans le district de Victoria à Londres lors des transmissions de 2 LO, est dû à une cause toute différente et mal connue. Peut-être est-il provoqué par le service téléphonique et le réseau de transport d'énergie par l'électricité.

COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE
pour la téléphonie à grande distance en Europe

(*Paris : 12-20 mars 1923*).

Avis adoptés à l'unanimité des délégués,
puis approuvés par les Administrations des six pays représentés.

Les récents progrès de la technique du téléphone ont permis d'accroître considérablement la portée des communications téléphoniques et en même temps de réduire le prix de revient par kilomètre de circuit. Les communications à très grande distance sont désormais réalisables, mais à condition de s'organiser en conséquence et de prendre certaines précautions. Il faudrait notamment : unifier les méthodes de construction, d'entretien et d'exploitation des circuits internationaux ; augmenter la rapidité et la sécurité des communications par l'établissement de nouvelles lignes téléphoniques judicieusement établies et entretenues.

Au début de 1923, M. Paul Laffont, Sous-Secrétaire d'État des Postes et Télégraphes a convoqué à Paris un « Comité technique préliminaire » composé de délégués des nations ouest-européennes, qui, dans cette première réunion, devaient se borner à dégrossir la question complexe de la téléphonie à grande distance en Europe, en se plaçant d'ailleurs presque exclusivement au point de vue technique.

Tous les pays convoqués, à savoir : la Belgique, l'Espagne, la Grande-Bretagne, l'Italie et la Suisse, ont répondu à cet appel et délégué à Paris leurs techniciens les plus réputés :

Belgique : M. Dethioux, ingénieur en chef des Téléphones;

MM. Bocquet, ingénieur principal et Fossion, chef de division.

Espagne : M. Nieto, de la Direction générale des Postes et Télégraphes ;

MM. Cabrera et Miguel de la Direction générale des Postes et Télégraphes.

France : M. Dennery, inspecteur général des Postes et Télégraphes ;

M. François, ingénieur en chef ; MM. Valensi et Leduc, ingénieurs.

Grande-Bretagne : M. le major Purves, ingénieur en chef du Post Office ;

MM. J. G. Hill et A. B. Hart, ingénieurs ; M. H. G. Trayfoot, inspecteur du trafic.

Italie : M. Di Pirro, directeur général de l'Institut supérieur des Postes, Télégraphes et Téléphones ;

M. Marchesi, chef de Division aux services électriques.

Suisse : M. Muri, chef de la Division technique de la Direction générale des Télégraphes ;

MM. Möckli, électrotechnicien de la section des installations et Forrer, chef de la Section des essais électrotechniques et du contrôle du matériel.

Le Comité a siégé du 12 au 20 mars. On trouvera ci-après les avis *adoptés à l'unanimité et sans réserve par les délégués, et approuvés depuis par les Administrations des six pays représentés.*

AVIS

DU COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE SUR LES QUESTIONS SUIVANTES :

Raisons techniques légitimant, pour la téléphonie internationale en Europe, un organisme directeur et centralisateur.

Comment pourrait être constituée l'organisation directrice centrale pour la téléphonie internationale européenne?

LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE,

Considérant :

Que le contrôle financier et exécutif du réseau téléphonique international doit, dans chaque pays, rester entre les mains du Ministre responsable devant le Parlement ;

Que pour faciliter l'entente entre Administrations, pour abréger

et accélérer les travaux, il faut un organisme unique composé de fonctionnaires ayant généralement un rang élevé dans chacune des administrations, au courant des questions techniques et, autant que possible, des questions administratives.

Émet l'avis :

Que le Comité technique préliminaire devienne un Comité consultatif international permanent chargé de préparer complètement l'organisation de la téléphonie internationale en Europe et, en attendant, d'assurer l'unité de vues dans le service téléphonique international et de centraliser tous les renseignements techniques et statistiques concernant la téléphonie internationale en Europe. Ce Comité sera dénommé : *Comité consultatif international des communications téléphoniques internationales.*

Les avis émis par le Comité consultatif international pour la téléphonie à longue distance seront des recommandations d'ordre général auxquelles les différents pays d'Europe sont invités à se conformer le plus strictement possible dans leur propre intérêt, aussi bien que dans l'intérêt général.

Il y a lieu toutefois de prévoir l'existence dans chaque ordre d'idée de cas nouveaux, dus aux perfectionnements de la technique, ou de cas exceptionnels imposés par les circonstances.

Le Comité consultatif international sera composé de délégations désignées par les différentes administrations.

La délégation de chaque pays à ce Comité consultatif comprendra au plus quatre membres et chaque délégation ne possèdera en tout qu'une seule voix.

Le Comité consultatif se réunira régulièrement au moins une fois chaque année dans le courant du mois d'avril.

Considérant :

Que le Comité consultatif ne se réunira en général qu'une fois chaque année ;

Que pour rendre plus efficace son fonctionnement, il est nécessaire de prévoir un organe permanent chargé de préparer les assemblées plénières.

Émet l'avis :

Que le Comité consultatif international nomme une sous-com-

mission permanente composée de délégués des pays les plus intéressés à l'établissement des communications internationales directes. Au début, la sous-commission permanente comprendra au maximum douze membres, à raison de deux membres au plus pour chacun des pays suivants : Belgique, Espagne, France, Grande-Bretagne, Italie, Suisse, chacun de ces pays n'ayant qu'une voix.

Au cas où se poseraient certains problèmes intéressant plus particulièrement un pays non représenté à la sous-commission, celle-ci pourra s'adjoindre un délégué de ce pays appartenant au Comité consultatif international.

La sous-commission permanente aura pour mission de préparer et faciliter les travaux du Comité consultatif international, de procéder à la mise au point pratique et détaillée des décisions prises par ce Comité, d'indiquer les méthodes de réalisation. Elle sera appelée à résoudre les questions de détail toutes les fois que l'intervention du Comité consultatif ne sera pas nécessaire.

Les administrations participantes pourront, en tout temps, faire appel à la sous-commission permanente, mais les décisions que cette sous-commission aura prises seront approuvées pour ordre par le Comité consultatif international dans sa plus prochaine séance.

La sous-commission sera aidée par un *secrétaire permanent* choisi par le Comité consultatif international en raison de sa grande compétence en matières techniques et, autant que possible, de ses connaissances en langues étrangères.

Le secrétaire permanent ne sera pas nécessairement spécialisé dans ses fonctions et pourra être un fonctionnaire affecté en même temps à un service quelconque. Sa mission sera notamment de centraliser les comptes rendus des études, recherches et travaux techniques effectués dans les laboratoires des différentes administrations téléphoniques et de les communiquer aux délégués principaux des administrations européennes participantes de la part de la sous-commission permanente dont il sera l'agent de liaison. Pour l'accomplissement de ses fonctions de secrétaire

permanent, il recevra une indemnité annuelle dont le montant sera fixé par le Comité consultatif international.

Les dépenses peu importantes entraînées par le fonctionnement du Secrétariat seront provisoirement réparties dès le début, à égalité, entre les États participants, quelle que soit l'importance de ceux-ci du point de vue téléphonique.

Les dépenses annuelles globales ne pourront dépasser 30.000 francs-or.

Le secrétaire permanent siégera à Paris, mais la sous-commission permanente, qui siégera généralement à Paris, pourra siéger dans d'autres villes suivant les circonstances. Le comité consultatif international siégera soit à Paris, soit dans une autre ville, suivant les indications de la sous-commission permanente.

Afin d'assurer la continuité des travaux, le Secrétaire général du Comité technique international préliminaire remplira les fonctions de secrétaire permanent jusqu'à la constitution du Comité consultatif à qui incombe la désignation du secrétaire permanent. Pendant cet intérim, le Secrétaire général du Comité international préliminaire correspondra avec les différentes administrations représentées, par l'intermédiaire du délégué principal de chaque administration au Comité préliminaire.

Considérant :

Que le Comité consultatif international comprendra ultérieurement des délégués des États européens autres que ceux de l'ouest de l'Europe représentés au Comité technique international préliminaire.

Émet l'avis :

Que les vœux émis par le Comité technique préliminaire soient portés à la connaissance des dits États européens après avoir reçu l'approbation des administrations représentées au Comité technique préliminaire.

Considérant :

Que le choix de la langue officielle doit se porter sur celle qui est parlée par la majorité des délégués.

Émet l'avis :

Que la langue généralement employée dans les réunions plé-

nières soit la langue française. Toutefois, il pourra être fait appel à la collaboration d'interprètes lorsque les délibérations rendront leur présence désirable.

*
* *

Ne voulant pas rejeter, à priori, les solutions acceptables qui pourront être apportées à ces problèmes nouveaux ou particuliers, mais désireux toutefois de maintenir l'unité de doctrine nécessaire pour la sauvegarde des intérêts de la téléphonie internationale, en particulier en ce qui concerne les questions de transmission,

LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE

Émet l'avis :

Que la future sous-commission permanente du Comité consultatif international soit invitée à examiner tous les projets de nouvelles lignes internationales, qui s'écarteront sur un point quelconque des recommandations générales formulées, et à étudier les modifications qui pourront être apportées aux règles proposées actuellement.

D'autre part, les pays qui jugeront insuffisamment précises, les directives indiquées par le Comité technique préliminaire, notamment en ce qui concerne les questions de transmission, pourront demander tous les renseignements complémentaires désirables à la sous-commission permanente et, en attendant l'institution de celle-ci, au Président du Comité technique préliminaire.

LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE,

Considérant :

Que certains pays peuvent manquer d'expérience en matières de câbles; qu'il serait nécessaire d'assurer l'unité de doctrine en cette matière.

Émet l'avis :

Que pendant les premières années du moins, il y aurait intérêt à ce que les projets de grandes lignes internationales fussent

examinés par la sous-commission permanente qui, dans le plus court délai, donnerait un avis sur les clauses techniques des cahiers des charges rédigés par les pays intéressés.

Considérant :

Que, pendant ses premières réunions, le Comité technique préliminaire a manqué des données nécessaires pour achever l'étude complète de son programme ;

Que l'entrée en fonctions du Comité consultatif international exigera un certain délai,

Émet l'avis :

Que le Comité consultatif international entre en fonctions le plus tôt possible. En attendant, le Comité technique préliminaire poursuivra ses travaux.

Que le Comité consultatif international élise son président et prenne ses décisions à la majorité des voix.

Que les renseignements à fournir par les délégués des différents pays soient adressés au Président du Comité technique préliminaire, étant entendu que dès l'entrée en fonctions du Comité consultatif international, tous documents, archives, etc... seront envoyés au Secrétaire permanent qui sera désigné par le Comité consultatif international.

Enfin,

Le comité technique préliminaire

Émet l'avis :

Que les réunions des techniciens des administrations téléphoniques européennes, comme celles qui ont eu lieu à Budapest (1908) et à Paris (1910), soient provoquées à l'avenir par la sous-commission permanente du Comité consultatif international.

Téléphonie sans fil.

Bien que la téléphonie sans fil à grande distance ne puisse pas être envisagée autrement que comme intimement liée au point de vue technique et commercial à la téléphonie avec fil, le Comité technique préliminaire n'a pas cru devoir traiter la question de la radiotéléphonie à grande distance qui est encore en période

d'essais. Mais lorsque les progrès actuellement très rapides de la technique permettront d'envisager avec précision l'insertion de radiocommunications téléphoniques dans le réseau international, le Comité consultatif international étudiera le moyen de coordonner, au point de vue de l'exploitation du réseau international, la téléphonie sans fil et la téléphonie avec fil. Toutefois, dès maintenant, le Comité technique émet l'avis que la radiotéléphonie ne devra être utilisée dans la constitution du réseau international que lorsqu'il sera impossible d'employer des liaisons par fil.

Liaison avec les conférences internationales télégraphiques et téléphoniques. — Il est entendu que, d'une manière générale, le Comité cousultatif international pour la téléphonie à longue distance se tiendra en liaison avec les divers organismes internationaux existants ayant parmi leurs attributions la réglementation téléphonique internationale.

Avis du Comité technique préliminaire concernant les questions de transmission.

I. — Généralités.
II. — Lignes aériennes.
III. — Câbles.
IV. — Lignes mixtes.

TRANSMISSION

I. — Généralités.

Choix de l'équipement des longues lignes internationales.

Le comité technique préliminaire,

Considérant :

Que la limite de la téléphonie à longue distance dépend non seulement de la possibilité théorique d'assurer une bonne transmission, mais aussi de la qualité et de l'état d'entretien des appareils et installations utilisés pour l'équipement des circuits.

Émet l'avis :

1° Que le plus grand soin devra être apporté au choix, au

montage et à l'entretien des appareils et installations utilisés pour l'équipement des grands circuits, affectés à la téléphonie internationale à longue distance;

2° Que les administrations téléphoniques devront se pourvoir des appareils de mesure nécessaires pour assurer la surveillance et le bon entretien des installations.

La sous-commission permanente pourra être chargée de centraliser et de transmettre les renseignements nécessaires quant au choix de cet appareillage.

Appareils d'abonnés.

Le comité technique préliminaire

Émet l'avis :

1° Qu'un même appareil téléphonique étalon soit adopté par tous les pays d'Europe ;

2° Que provisoirement cet appareil étalon soit un poste à microphone solid-back et à récepteur Bell conforme à la spécification détaillée qui fait l'objet de l'annexe I ;

3° Que l'efficacité, aussi bien à la transmission qu'à la réception d'un appareil quelconque d'abonné en Europe ne soit jamais inférieure à l'efficacité de cet appareil étalon.

Emplacement des stations de relais amplificateurs.

Le comité technique préliminaire

Émet l'avis :

Que les emplacements des stations de relais amplificateurs soient déterminés en se basant sur des considérations techniques et non sur des considérations politiques.

Choix des amplificateurs.

Le comité technique préliminaire,

Considérant à l'unanimité

Comme un résultat acquis d'expérience, qu'il est impossible d'assurer dans de bonnes conditions d'exploitation commerciale, la stabilité de fonctionnement de deux ou plusieurs relais ampli-

ficateurs téléphoniques, sans lignes artificielles, mis en série sur une même ligne,

Émet l'avis :

Que sur les circuits à deux fils, aériens ou en câbles, on n'utilise, à l'avenir, que des relais amplificateurs réversibles comportant deux lignes artificielles équilibrant séparément les deux côtés de la ligne téléphonique.

Appropriation à la télégraphie des circuits internationaux.

Le comité technique préliminaire,

Considérant :

Que l'appropriation à la télégraphie des grands circuits internationaux risque, au début de compromettre le bon fonctionnement de ces circuits.

Émet l'avis :

1° Qu'il ne soit point admis, jusqu'à nouvel ordre, d'approprier à la télégraphie les circuits internationaux et notammment ceux qui sont pourvus de relais amplificateurs ;

2° Que néanmoins l'appropriation pour la préparation par télégraphe des communications soit admise dans le cas des circuits internationaux n'intervenant pas dans le service de transit.

Combinaisons des circuits internationaux.

Le comité technique préliminaire

Émet l'avis :

Que pour des raisons de stabilité de transmission, la combinaison des circuits téléphoniques internationaux ne devrait jamais être effectuée que sur des tronçons complets limités à deux stations de relais amplificateurs.

Transmission des appels sur les lignes aériennes et les câbles.

Le comité technique préliminaire

Émet l'avis :

1° Que sur les lignes aériennes qui comportent en général un

petit nombre de relais amplificateurs, on utilise pour l'appel un courant de fréquence basse (16 à 20 périodes par seconde). Ces appels étant répétés à chaque station de relais intermédiaire entre les deux bureaux extrêmes de contrôle, au moyen d'un dispositif de translation avec électro-aimants;

2° Qu'en ce qui concerne les grands câbles internationaux, pour lesquels ce procédé semble inapplicable, en raison du grand nombre de stations amplificatrices que ces câbles comportent, il soit entrepris, le plus tôt possible, l'étude d'un procédé d'appel utilisant un courant de fréquence harmonique suffisamment élevée pour que les amplificateurs amplifient l'appel dans les mêmes proportions que pour les courants téléphoniques.

Annonciateurs de fin de conversation.

LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE

Émet l'avis :

Que les annonciateurs de fin de conversation mis en dérivation sur les lignes téléphoniques internationales soient pourvus d'une grande impédance.

Tolérance relative à l'équivalent total de transmission des lignes.

LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE

Émet l'avis :

Qu'au cas où le trafic n'est pas suffisant pour rémunérer le coût d'une ligne dont l'équivalent de transmission serait inférieur ou égal à 12 miles de câble standard, limite qui est indiquée plus loin pour les lignes aériennes et les lignes en câbles internationales, une tolérance de 6 miles de câbles standard, au-dessus de ce chiffre, pourrait être admise, uniquement dans le cas des lignes à faible trafic.

L'équivalent de transmission total entre deux postes d'abonnés échangeant une communication internationale serait, dans ce cas, de 38 miles de câble standard au maximum.

II. — Lignes aériennes.

Pupinisation des lignes aériennes.

Le comité technique préliminaire,

Considérant :

Que la pupinisation des lignes aériennes,

1° Rend difficile l'exploitation de ces lignes à cause de la variation d'isolement et de la magnétisation des bobines par suite des décharges atmosphériques ;

2° Rend difficile l'exploitation de ces lignes avec amplificateurs ;

3° Est incompatible avec l'exploitation de ces lignes au moyen de la téléphonie à courants porteurs de haute fréquence ;

4° Rend trop variable la transmission des différentes fréquences de la parole, introduit de la distorsion, et par suite, diminue la netteté de la conversation,

Émet l'avis :

Que les lignes téléphoniques aériennes munies de relais amplificateurs et affectées aux relations internationales à longue distance ne soient pas pupinisées.

Établissement des lignes aériennes.

Le comité technique préliminaire,

Considérant :

Que l'établissement de communications téléphoniques internationales à grande distance, nécessite actuellement l'emploi de lignes aériennes ;

Que le meilleur rendement de ces lignes sera obtenu en permettant la réalisation de circuits combinés, l'emploi de relais téléphoniques amplificateurs, puis l'installation de systèmes de téléphonie multiple à haute fréquence ;

Que pour assurer le bon fonctionnement de ces différents dispositifs, ainsi que pour éviter l'affaiblissement dû aux pertes par réflexion, il est essentiel de réaliser l'équilibre électrique des

circuits ainsi que l'uniforme répartition des constantes électriques sur toute la longueur des lignes entre deux amplificateurs successifs ;

Que s'il n'est pas possible de définir immuablement et généralement les constantes géométriques ou mécaniques de la configuration des lignes, le choix de ces valeurs étant fonction non seulement de facteurs électriques, mais encore de facteurs économiques variables dans le temps, et d'un pays à l'autre, il est pourtant désirable, dès maintenant, de définir certaines limites dans lesquelles pourra se faire ce choix, et en particulier de préciser la résistivité du métal, et d'assigner une limite inférieure du diamètre des conducteurs, dictée par la considération de la résistance mécanique que doit offrir une longue ligne internationale pour assurer un service continu.

Émet l'avis :

1° Que les longues lignes aériennes affectées aux communications internationales soient bien équilibrées et en outre ne présentent aucune discontinuité électrique entre deux amplificateurs successifs, c'est-à-dire aient sur toute cette longueur des constantes électriques uniformément réparties ;

2° Que les conducteurs soient partout établis en cuivre ou alliage de cuivre dont la conductibilité ne diffère pas de plus de 10 °/₀ de celle du cuivre de haute conductibilité ;

3° Qu'il ne soit employé pour la construction des lignes téléphoniques internationales à longue distance, que des conducteurs de diamètre égal ou supérieur à 3 mm. et présentant une résistance mécanique suffisante pour réduire au minimum les causes de rupture accidentelle.

Équivalents de transmission.

LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE

Émet l'avis :

1° Qu'à titre provisoire et jusqu'à décision générale à intervenir, il soit convenu, dans les relations internationales, d'expri-

mer les affaiblissements ou les équivalents de transmission en miles de câble standard (1);

2° Qu'il soit convenu que l'affaiblissement maximum entre deux relais successifs des lignes internationales à grande distance ne devra pas dépasser 12 miles de câble standard;

Que l'affaiblissement maximum de l'ensemble de sections constituant la ligne internationale ne devra pas dépasser 12 miles de câble standard;

Qu'il est désirable que l'équivalent de transmission total d'une communication internationale entre abonnés quelconques ne dépasse pas 32 miles de câble standard;

De sorte que l'affaiblissement total de la ligne reliant un abonné au bureau international de son pays, c'est-à-dire au bureau qui lui donne la communication internationale, ne doit pas dépasser 10 miles de câble standard.

Cross-talk.

LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE

Émet l'avis :

Qu'il soit convenu que le cross-talk entre deux circuits quelconques, combinants ou combinés, dans une ligne aérienne téléphonique affectée à la téléphonie internationale à grande distance, doit toujours rester inférieur à la valeur correspondant à 65 miles de câble standard, ce cross-talk étant mesuré au moyen du cross-talkmètre dans une station de relais amplificateur quelconque ou dans un bureau quelconque de la ligne.

Induction électro-magnétique exercée par les lignes d'énergie.

LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE,

Considérant :

Que les lignes aériennes sont nécessaires pour l'établissement

---

(1) Le câble standard est une ligne artificielle ayant par boucle d'un mile (1.609 mètres), les constantes suivantes :

Résistance : 88 ohms. Capacité : 0,054 microfarad.
Inductance : 1 millihenry. Perditance : 1 micromho.
Constante d'amortissement à la pulsation 5.000 : 0,1061.

de communications téléphoniques internationales à grande distance ; que ces longues lignes sont particulièrement exposées aux perturbations électro-magnétiques qu'exercent les lignes d'énergie ;

Que dès à présent, il apparaît, que le meilleur moyen de réduire ces perturbations est d'assurer un éloignement suffisant entre les lignes téléphoniques et les lignes d'énergie ;

Qu'il est difficile de fixer dès maintenant une limite absolue de la tension induite ou du bruit induit tolérables, et que cependant, il convient de déterminer avec soin quelles sont ces limites ;

Émet l'avis :

1° Qu'il soit évité d'établir des parallélismes rapprochés entre les lignes de communication et les lignes d'énergie ;

2° Que soient entrepris dans le courant de l'année 1923, et d'une manière aussi complète que possible, par les Administrations téléphoniques intéressées, des essais et des études en vue de déterminer les limites des tensions induites et du bruit induit, tolérables sur les circuits téléphoniques internationaux à grande distance.

III. — Cables.

Établissement d'un réseau de câbles.

Le comité technique préliminaire,

Considérant :

Que des lignes téléphoniques en câbles, permettant les communications à longue distance grâce à la pupinisation et l'emploi de relais amplificateurs ont déjà été réalisées ;

Que les renseignements que l'on possède sur ces lignes permettent de déterminer quelles sont, dans l'état actuel de la technique, les distances qui ne peuvent être dépassées lorsqu'on utilise les circuits à deux fils ou à quatre fils en câbles ;

Émet l'avis :

1° Que l'on ne doit utiliser pour les communications internationales à longue distance les câbles pupinisés et pourvus de relais amplificateurs, que lorsque la distance entre les deux

bureaux internationaux à raccorder ne dépasse pas 1.000 miles, soit 1.600 kilomètres, jusqu'à ce que les progrès de la technique, très rapides d'ailleurs, permettent définitivement de réaliser d'une manière commerciale des communications par câbles téléphoniques, sur des distances supérieures ;

2° Que l'on utilise pour ces communications, les circuits à 4 fils lorsque la distance entre les deux bureaux internationaux à raccorder dépasse 500 kilomètres, distance qui paraît être dans l'état actuel de la technique la limite économique d'emploi des circuits à 2 fils.

Spécification des câbles pupinisés.

LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE,

Considérant :

Qu'une forte pupinisation des longs câbles a pour effet de diminuer sur les circuits à grande efficacité de transmission la netteté de la conversation et d'exagérer d'une manière inadmissible les phénomènes transitoires et les phénomènes d'écho ;

Que la réalisation de câbles d'une longueur de 1.600 kilomètres, a conduit à déterminer les conditions dans lesquelles les longues communications en câbles de grande efficacité de transmission peuvent être établies ;

Qu'il est possible de résoudre le problème de la téléphonie internationale sur des distances quelconques jusqu'à 1.600 kilomètres avec les conducteurs de diamètres usuels de 0 mm. 9 et 1 mm. 3 ;

Qu'il est désirable d'autre part, pour des raisons de transmission, d'unification et de souplesse d'utilisation, de fixer pour les longs câbles internationaux une distance d'espacement des bobines identique dans tous les pays.

Émet l'avis :

1° Que l'on obtiendrait des résultats satisfaisants en utilisant pour les communications téléphoniques en câble à grande distance, des circuits à 4 fils chargés à raison de 24 millihenrys environ, par kilomètre, cette inductance étant obtenue au moyen de bobines de 44 millihenrys placées tous les 1.830 mètres (cette

valeur de l'inductance détermine l'impédance caractéristique et la fréquence naturelle du câble;

2° Que l'on obtiendrait des résultats satisfaisants pour les communications téléphoniques à une distance égale ou inférieure à 500 kilomètres, en utilisant des circuits à 2 fils chargés au maximum à raison de 96 millihenrys, cette inductance maximum étant obtenue au moyen de bobines de 176 millihenrys placées tous les 1.830 mètres ;

3° Que soit recommandé l'usage dés conducteurs de diamètres usuels de 0 mm. 9 et 1 mm. 3 ;

4° Que soit recommandée pour tous les circuits en câble l'adoption d'une distance d'espacement des bobines de 1.830 mètres, distance d'espacement déjà entrée dans la pratique courante de plusieurs pays d'Europe.

***

Équivalent de transmission.

LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE

Émet l'avis :

1° Qu'il est désirable que l'équivalent de transmission n'excède pas 12 miles de câble standard, entre les extrémités d'une ligne téléphonique internationale en câble, de n'importe quelle longueur, à 2 ou 4 fils.

2° Qu'il est désirable que l'équivalent de transmission total d'une ligne internationale entre abonnés quelconques, ne dépasse pas 32 miles de câble standard.

***

Cross-talk.

LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE

Émet l'avis :

Qu'il soit convenu que le cross-talk entre deux circuits quelconques, combinant ou combiné, d'un même câble, comportant des circuits affectés à la téléphonie internationale à grande dis-

tance, devra toujours rester inférieur à la valeur correspondant à 75 miles de câble standard, ce cross-talk étant mesuré dans une station de relais quelconque, ou dans un bureau quelconque de la ligne, au moyen d'un cross-talkmètre.

*
* *

Homogénéité.

LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE,

Considérant :

Qu'il est absolument nécessaire, tant pour assurer le bon fonctionnement des relais amplificateurs, que pour éviter l'affaiblissement dû aux pertes par réflexion, de réaliser l'uniforme répartition des constantes électriques sur toute la longueur d'un tronçon limité à deux amplificateurs successifs.

Émet l'avis :

Que l'homogénéité des lignes en câble soit absolue entre amplificateurs successifs ; qu'il soit prescrit que la construction des câbles soit telle, que les circuits soient parfaitement équilibrés et que les constantes électriques des circuits soient uniformément réparties.

*
* *

Câbles affectés au service international.

LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE,

Considérant :

Que l'établissement de longues lignes internationales en câble sera d'autant plus facile que les câbles des réseaux intérieurs des États présenteront des caractéristiques plus voisines de celles de la spécification des câbles internationaux ; que ces caractéristiques sont d'ailleurs celles des types usuels des câbles existant dans les différents pays d'Europe.

Émet l'avis :

Qu'il soit recommandé aux administrations téléphoniques des différentes nations d'Europe, dans la construction de leur réseau

de câbles interurbains pour le service intérieur, de suivre de préférence les directives énoncées ci-dessus, et relatives au diamètre des conducteurs, à la distance d'espacement des bobines, et à l'emplacement des stations de relais amplificateurs.

*
* *

Câbles télégraphiques et téléphoniques.

LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE,

Considérant :

Qu'il y a un réel intérêt économique à ce que dans les grands câbles on affecte simultanément des paires au téléphone et des paires au télégraphe ;

Que l'expérience acquise montre la possibilité de cette manière de faire, sans que soit compromis le bon fonctionnement du téléphone, lorsque certaines précautions ont été prises ;

Émet l'avis :

Qu'il n'y a pas d'inconvénient à ce que dans les grands câbles internationaux, certaines paires de conducteurs soient affectées au téléphone, et certaines paires soient affectées au télégraphe, à condition toutefois que le câble soit bien équilibré, et que les paires télégraphiques soient groupées ensemble dans la constitution du câble.

*
* *

Emplacement des relais amplificateurs.

LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE

Emet l'avis :

1° Que dans le choix de l'emplacement des relais amplificateurs on ait toujours en vue de réduire autant que possible la distorsion sur la section de câble comprise entre deux relais successifs;

2° Que dans l'état actuel de la technique, il soit recommandé de ne pas dépasser entre deux amplificateurs successifs la distance correspondant à un équivalent de transmission

de 20 miles de câble standard pour les circuits à 2 fils;
de 40 — — — 4 fils;

3° Qu'il soit recommandé d'étudier l'emplacement des relais de manière à permettre de raccorder entre elles, les lignes internationales en câbles munis d'amplificateurs, dans les meilleures conditions de transmission possible.

*
* *

Caractéristiques des relais amplificateurs.

LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE

Émet l'avis :

Que les relais amplificateurs doivent reproduire fidèlement la parole, c'est-à-dire amplifier dans la même proportion toutes les fréquences comprises dans un intervalle de 200 à 2.500 périodes par seconde.

Il pourra être désirable, dans certains cas, d'ajouter à ces amplificateurs un dispositif correcteur indépendant permettant de remédier à une distorsion éventuelle, introduite par un élément quelconque de la communication.

*
* *

Cross-talk dans les stations de relais.

LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE

Émet l'avis :

Que le cross-talk introduit par une station de relais amplificateurs entre deux circuits quelconques internationaux, soit inférieur à la valeur correspondant à 75 miles de câble standard, ce cross-talk étant mesuré à l'entrée et à la sortie de la station de relais.

*
* *

Détermination de l'amplification des relais.

LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE,

Considérant :

Qu'une bonne transmission n'est assurée sur une ligne pour-

vue de relais amplificateurs, que si l'amplification donnée par chaque relais reste comprise entre certaines limites ;

Qu'il paraît utile d'autre part, que l'amplification totale fournie par l'ensemble des relais d'une même ligne soit répartie convenablement entre ces différents relais, de telle manière qu'en tout point de la ligne, les valeurs efficaces des courants téléphoniques restent comprises entre certaines limites qu'il faut déterminer dans chaque cas.

Émet l'avis :

1° Qu'il serait désirable pour chaque ligne internationale, de fixer les limites dans lesquelles doit se faire la répartition de l'amplification totale entre les différents relais ;

2° Qu'il soit recommandé de prévoir l'installation de dispositifs plus ou moins automatiques de contrôle de l'amplification, dans le cas où, par exemple, sous l'influence des variations de température, la transmission sur un câble à grande distance comportant notamment de grandes sections de câble aérien, est sujette à des fluctuations importantes et fréquentes. Il conviendrait, dans ce cas, de considérer comme directrices au point de vue du réglage et de la distribution de l'amplification entre les différents relais, les stations amplificatrices dans lesquelles de tels dispositifs seraient installés.

*
* *

Bobines Pupin.

Le comité technique préliminaire,

Considérant :

Que dans l'état actuel de la technique, les bobines Pupin, n'appartenant pas au type « à noyau de fer comprimé » sont susceptibles d'être magnétisées, et qu'il n'est alors pas possible de rendre à leurs constantes (résistance effective et inductance), les valeurs normales.

Émet l'avis :

Qu'il est désirable de n'employer sur les câbles téléphoniques à longue distance du service international que des bobines Pupin du type « à noyau de fer comprimé ».

*
* *

Interconnexion des circuits à 4 fils.

LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE

Émet l'avis :

1° Que dans le cas où deux circuits à 4 fils devront être reliés entre eux, par l'intermédiaire de relais amplificateurs, il y aura lieu, afin d'éviter des pertes de transmission, de recourir à l'emploi de cordons spéciaux établissant la continuité du circuit à quatre fils dans les mêmes conditions que dans les stations intermédiaires de la ligne normale ;

2° Que, dans le cas ou deux circuits à 4 fils devront être reliés entre eux, sans interpositions de relais amplificateurs, il y aura lieu de faire cette liaison directement par jonction métallique des 4 fils de la première ligne aux 4 fils de la seconde ligne, sans passer par des dispositifs intermédiaires à deux fils.

IV. — LIGNES MIXTES.

Recommandations générales.

LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE,

Considérant :

Que sur les lignes mixtes, c'est-à-dire comportant à la fois des sections aériennes et des sections de câble, il est difficile d'avoir un fonctionnement stable et efficace des relais amplificateurs ;

Qu'il y a toujours à la jonction de lignes de caractéristiques différentes, des pertes par réflexion qui réduisent l'efficacité totale du circuit ; que l'intercalation de tronçons hétérogènes, même d'une longueur extrêmemement courte (aux traversées de tunnel, au passage à travers les grandes villes, etc...), dans les lignes téléphoniques est, d'après l'expérience acquise par certains pays représentés au Comité technique préliminaire, de nature à entraver sérieusement le développement de la téléphonie à grande distance à cause des perturbations apportées au fonctionnement des relais amplificateurs et des installations de

téléphonie à haute fréquence ; qu'il y a donc lieu d'éviter ce procédé, sauf impossibilité de faire autrement ;

Que toutefois, des cas d'espèce peuvent entraîner la nécessité de recourir à semblables pratiques, mais qu'il convient alors de prendre des précautions spéciales.

Émet l'avis :

1° Qu'il est recommandable d'éviter, chaque fois que la chose est possible, de recourir aux lignes mixtes pour la téléphonie internationale à grande distance ;

2° Que sur les lignes mixtes, on réalise l'homogénéité complète des sections comprises entre deux amplificateurs successifs ;

3° Qu'il soit convenu que les exceptions à la règle précédente devront être réduites au minimum ; il serait désirable que ces exceptions fussent soumises au préalable à l'examen de la sous-commission permanente du Comité consultatif international.

D'ailleurs, il sera alors convenable de choisir les caractéristiques des câbles et des lignes aériennes dans les limites indiquées précédemment pour les longues lignes homogènes, de telle manière que les graves inconvénients de la jonction des lignes de nature différente soient réduits au minimum. En particulier, l'emploi de câbles convenablement krarupisés pourra être prévu.

Équivalents de transmission :

LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE

Émet l'avis :

Que pour une ligne mixte de longueur quelconque, l'équivalent de transmission entre les deux extrémités de la ligne internationale doit être aussi voisin que possible de 12 miles de câble standard, chiffre prévu pour les lignes homogènes ; cependant, dans ce cas particulier des lignes mixtes, on pourra admettre une tolérance qui ne sera pas supérieure à 6 miles de câble standard. L'amortissement total de poste à poste d'abonné serait donc alors au maximum de 38 miles de câble standard.

Transformateurs de jonction et terminaux.

LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE,

Considérant :

Qu'en vue de réduire les pertes de transition ou terminales aux jonctions ou aux extrémités des différents tronçons qui composent une ligne mixte, on peut utiliser avec profit des transformateurs ;

que, dans l'état actuel de la technique, il convient cependant de fixer une limite de la perte de ces transformateurs.

Émet l'avis :

1° Que dans tous transformateurs insérés dans un circuit de conversation, y compris les transformateurs de combinaison et d'appropriation au télégraphe, il ne doit pas y avoir une perte supérieure à 1 mile de câble standard ; (cette règle n'est pas applicable aux transformateurs qui font partie des relais amplificateurs) ;

2° Qu'il y aurait intérêt à ce que les exceptions à la règle précédente, que l'on pourrait proposer, fussent préablement soumises à l'examen de la sous-commission permanente du Comité consultatif international.

ANNEXES

RELATIVES AUX QUESTIONS DE TRANSMISSION

1. — Spécification détaillée du poste étalon à microphone solid-back et à récepteur Bell.

2. — Liste des points à étudier pour la rédaction d'un cahier des charges pour bobines Pupin de longs câbles internationaux.

3. — Liste des points à étudier pour la rédaction d'un cahier des charges pour un long câble international.

4. — Liste des points à étudier pour la rédaction d'un cahier des charges pour un relais amplificateur.



ANNEXE I

Spécification relative aux étalons internationaux de référence ci-après :

A. Poste téléphonique d'abonné.

B. Circuit standard de mesures de transmission.

Un poste téléphonique étalon devra comprendre les divers organes ci-après, tous conformes aux spécifications ci-jointes :

A. — Microphone :	fig. a et a_1 du schéma ci-joint.
B. — Récepteur téléphonique :	» b » b_1 » » »
C. — Bobine d'induction :	» c » c_1 » » »
D. — Sonnerie :	» d » d_1 » » »
E. — Condensateur :	» e » e_1 » » »

Outre l'équipement ci-dessus prévu pour les deux postes téléphoniques extrêmes, le circuit standard de mesures de transmission comprendra :

F. — Un relais de supervision :	fig. f et f_1 du schéma
G. — Un transformateur ou bobine de translation :	» g » g_1 »
H. — Une résistance :	» h » h_1 »
J. — Une batterie d'accumulateurs :	» j » j_1 »

Ainsi que l'indique le schéma, les différents organes seront reliés entre eux et à une ligne artificielle équivalente à 20 miles de câble standard.

Spécifications relatives aux divers organes indiqués ci-dessus :

A. *Microphone.* — Le transmetteur sera un microphone solid-back à batterie centrale semblable au microphone n° 1 du Poste Office britannique, étalonné au point de vue de l'efficacité de transmission (essais de volume) par comparaison avec le microphone étalon absolu britannique et dont les autres caractéristiques sont conformes à celles de ce microphone étalon absolu du Post Office britannique.

B. *Récepteur téléphonique.* — Le récepteur sera du type Bell, à deux pôles (récepteur Bell n° 1), étalonné au point de vue de l'efficacité (volume) par comparaison avec le récepteur étalon absolu britannique et dont les autres caractéristiques sont conformes à celles de ce récepteur étalon absolu du Post Office britannique.

C. *Bobine d'induction.* — La bobine d'induction sera une bobine à 2 enroulements. L'enroulement intérieur comprendra 1.400 spires de fil en cuivre (sous une seule couche de coton) d'un diamètre égal à 0 mm. 2134 et aura une résistance de 26 ohms environ; l'enroulement extérieur sera formé de 1.700 spires de fil en cuivre (sous une seule couche de coton) d'un diamètre égal à 0 mm. 376 et aura une résistance de 17 ohms environ ; pour le reste, la bobine sera conforme à la bobine d'induction étalon du Post Office britannique.

D. *Sonnerie.* — La sonnerie sera une sonnerie d'appel magnétique polarisée, dont la résistance sera de 1.000 ohms environ, et qui sera conforme à la sonnerie étalon du Post Office britannique.

E. *Condensateur.* — Le condensateur, d'une capacité de 2 microfarads environ, sera renfermé dans une boîte métallique ; l'ensemble sera certifié conforme au condensateur étalon du Poste Office britannique.

F. *Relais de supervision.* — Le relais de supervision sera un électro-aimant à deux enroulements. L'enroulement intérieur sera formé de 3.000 spires de fil de cuivre (sous une couche de soie) d'un diamètre égal à 0 mm. 355 et aura une résistance de 30 ohms environ ; l'enroulement extérieur (fil composé d'un alliage de cuivre) sera bobiné en double de façon à être non-inductif : sa résistance sera de 70 ohms environ. Le relais sera conforme au relais de supervision étalon du Post Office Britannique.

G. *Transformateur ou bobine de translation.* — Cette bobine comprendra un noyau toroïdal sur lequel seront enroulés les deux enroulements primaires et les deux enroulements secondaires ayant chacun une résistance de 22 ohms 5. Elle sera en tous points semblable à la bobine n° 25 c. du Post Office britannique et certifiée conforme à la bobine étalon du Post Office britannique.

H. *Résistance.* — La résistance sera une résistance non-inductive de 300 ohms.

J. *Batterie d'accumulateurs.* — La batterie comprendra 11 éléments d'accumulateurs accusant une différence de potentiel de 22 volts pôle positif de chaque batterie étant mis à la terre.

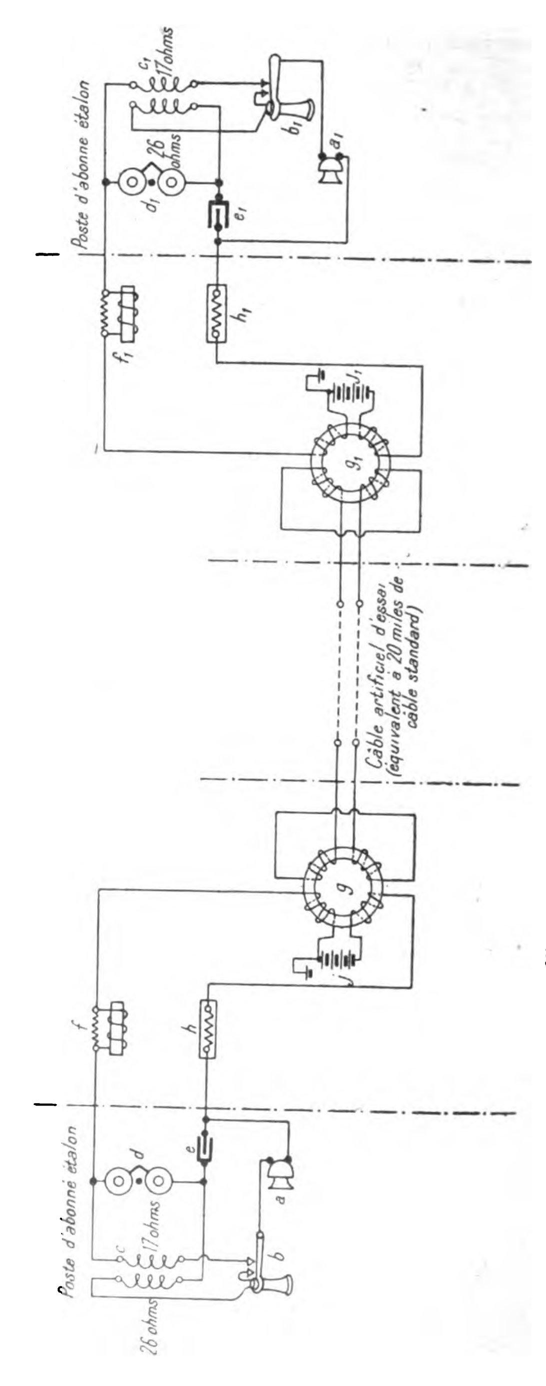


Fig. 1. — Circuit standard de mesures de transmission.

CABLES

ANNEXE II

Liste des points à étudier pour la rédaction d'un cahier des charges-type pour bobines Pupin de longs câbles internationaux.

1. — Variation tolérable de la résistance effective en courant alternatif, aux fréquences téléphoniques, et de la résistance en courant continu.

2. — Limite tolérable de la variation de l'inductance de part et d'autre de la valeur normale.

Limite tolérable du déséquilibre de l'inductance entre les différents enroulements.

3. — Limite tolérable de la capacité électrostatique entre les enroulements.

4. — Cross-talk, dans toutes les combinaisons.

5. — Construction mécanique de la boîte et des câbles de sortie.

6. — Nature des câbles utilisés pour relier la boîte aux câbles extérieurs ; nature de la gaîne du câble de sortie.

7. — Isolement des bobines par rapport à la terre. Tension à appliquer aux épreuves d'isolement.

8. — Tension à appliquer aux épreuves de rigidité du diélectrique.

9. — Valeur limite du courant, pour l'épreuve de magnétisation des noyaux.

10. — Choix des méthodes et des conditions de mesures des constantes électriques des bobines.

ANNEXE III

Liste des points à étudier dans la préparation de la spécification-type des câbles internationaux à paires combinables.

La spécification des câbles en question sera préparée en distinguant les deux cas suivants :

a) Câbles pour circuits bifilaires ;

b) Câbles pour circuits à quatre fils.

Il y a deux méthodes possibles pour se procurer ces deux types de câbles :



1° s'en rapporter à une spécification détaillée du câble seul dans le cas où l'Administration commande elle-même et séparément le câble proprement dit ;

2° s'en rapporter à une spécification très générale ne visant que l'ensemble du câble et des bobines de charge.

Les différents points à envisager dans ces différents cas sont les suivants :

Généralités (applicables dans tous les cas).

Conductivité (résistance en courant continu) ; elle doit être mesurée à une température déterminée et avec une légère tolérance.

Résistance d'isolement sous une tension déterminée à l'usine.

Isolement de grandeur déterminée pour le câble après pose sur la route.

Capacité électrostatique maximum et moyenne par unité de longueur.

Qualité et épaisseur des matériaux (plomb, papier).

Dessiccation (à l'air chaud ou au gaz), *pression*, etc.

Tensions à appliquer lors des essais à l'usine et après mise en place.

Essais mécaniques des matériaux à l'usine.

Fourniture des appareils de mesures.

Couleurs du papier isolant et méthode d'enroulement de l'isolant.

Cas a (1). — Outre les dispositions ci-dessus, il conviendra de préciser les points suivants si le constructeur est chargé d'équilibrer le câble :

Longueur des sections de câble posées, mesurées et raccordées ensemble pour constituer les quadrettes (ou groupes de paires combinables) équilibrées.

Longueur maximum du câble à enrouler sur un tambour.

Equilibrage.

Les valeurs et les tolérances indiquées ci-dessous devront être précisées et ne jamais être dépassées (voy. fig. 2 et 2 *a*).

	Déséquilibre de fil à fil	Déséquilibre entre paires de fil	Déséquilibre entre fil et terre
	(p — q) (r — s)	2 (p + q) + u 2 (r + s) + v	u v
Valeur moyenne :	....	....	....
Valeur maximum :	....	....	....
Tolérance admise pour un nombre de quadrettes ne dépassant pas 2 °/₀ des quadrettes du câble.	....	....	....

Cross-talk maximum admissible dans 98 °/₀ des cas.

» » » » » 2 °/₀ des cas.

L'équilibrage de la capacité mutuelle entre paires de fil sur toute la longueur du câble, c'est-à-dire la capacité dans une paire quelconque et dans une section de pupinisation quelconque, ne doit pas différer de la capacité mutuelle moyenne de toutes les paires de cette section, d'une quantité supérieure à un pourcentage déterminé ; d'autre part, des paires quelconques de deux sections de pupinisation successives ne doivent pas différer l'une de l'autre d'une quantité supérieure à un pourcentage déterminé.

Le cross-talk entre les circuits fantômes des différentes quadrettes du câble ne doit pas différer de la valeur spécifiée d'une quantité supérieure à une tolérance à préciser. (Le tableau ci-dessus ne fait pas mention de cette clause.)

Cas a (2). — Outre les spécifications générales, il conviendra de préciser les points suivants :

a) Affaiblissement à la fréquence f telle que $2\ \pi f = 5.000$, aussi bien des circuits combinants que des circuits combinés ;

b) Variation admissible de l'affaiblissement avec la fréquence.

Cross-talk dans toutes les combinaisons possibles.

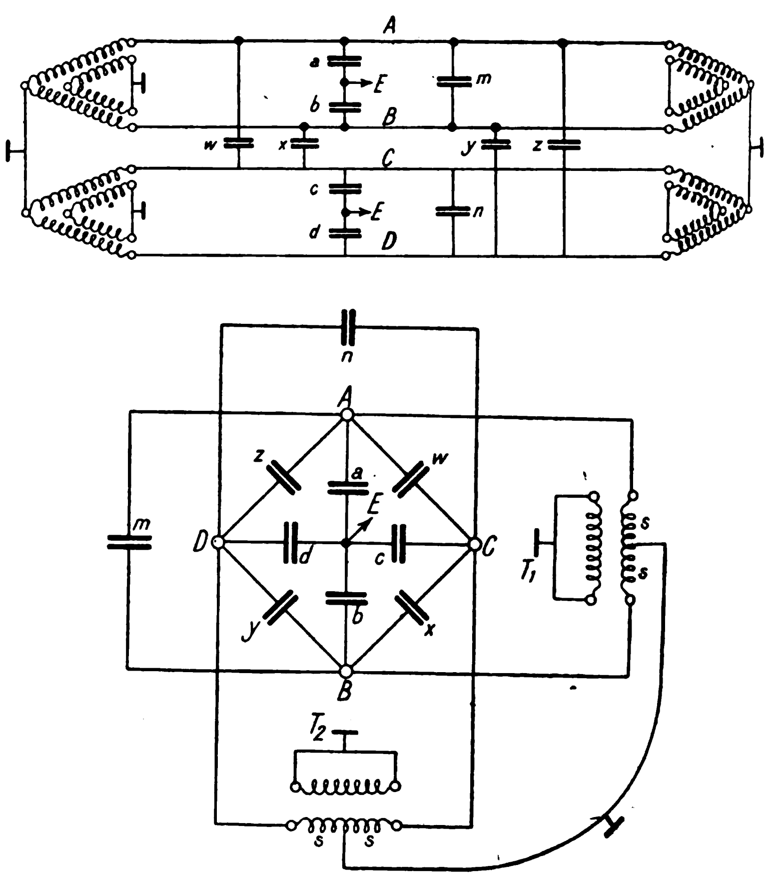
Equilibres entre les lignes artificielles et les lignes réelles.

Choix des circuits affectés à la télégraphie (le cas échéant).

Protection contre les troubles par interférence dus aux sources extérieures d'énergie.

Cas b (1). — Comme pour le cas (*a*) (1) ; en outre, les quadrettes du câble doivent être groupées de telle sorte que les portions utilisées à la transmission pour constituer les circuits à 4 fils soient séparées le plus possible de celles utilisées à la réception.

Cas b (2). — Comme pour le cas (*a*) (2), la ligne artificielle étant simplifiée et modifiée en conséquence.



Figures 2 et 2ᵃ.

$(w - x) = p$, $(z - y) = q$, $(w - z) = r$, $(x - y) = s$ $(a - b) = u$, $(c - d) = v$.

ANNEXE IV

Liste des points à étudier dans la préparation d'une spécification-type des relais amplificateurs.

(1) Qualités de l'élément amplificateur (c'est-à-dire de la lampe à trois électrodes) eu égard aux desiderata suivants :

a) un coefficient d'amplification raisonnable ;

b) une caractéristique « courant de plaque-tension de grille » rectiligne, en vue d'éviter les effets de distorsion de la voix ;

c) une faible impédance intérieure en vue de simplifier la construction du transformateur de sortie;

d) possibilité d'interchanger les lampes de même type ;

e) uniformité du courant de chauffage pour permettre d'alimenter plusieurs lampes montées en série avec une batterie d'accumulateurs ou une machine génératrice ;

f) réglages réduits au minimum dans les conditions de fonctionnement ;

g) dépense d'énergie la plus faible possible ;

h) longue durée en service normal.

(2) Variation admissible de l'amplification (ou gain de transmission procuré par les relais amplificateurs) :

a) au cas d'une variation de la puissance disponible à l'entrée ;

b) suivant la fréquence sous laquelle se présente cette puissance.

(3) La fréquence limite ou « fréquence critique de coupure » ;

(4) Adoption d'une valeur normale de l'impédance pour tous les relais amplificateurs utilisant des transformateurs à rapport de transformation différents afin d'adapter les relais amplificateurs aux différents types de ligne ;

(5) Impédance d'un relais amplificateur considéré à partir de la station de relais suivante ;

(6) Méthodes de réglage des amplifications ou gains de transmission procurés par les relais amplificateurs ;

(7) Valeur des amplifications réelles et méthodes de mesure des amplifications ;

(8) Mesures du déséquilibre d'un relais amplificateur ;



(9) Limites du point à partir duquel les relais commencent à siffler à cause de l'amorçage d'oscillations entretenues ;

(10) Méthodes de retransmission des signaux d'appel sur les circuits munis de relais amplificateurs ;

(11) Méthodes de calcul et d'établissement des lignes artificielles d'équilibrage des relais amplificateurs.

Avis du Comité technique préliminaire concernant les questions de trafic.

Détermination du nombre des communications à admettre sur un circuit.

Tarifs.

Décentralisation du trafic international.

Préparation des communications.

Etablissement de statistiques de trafic.

TRAFIC

Détermination du nombre des communications à admettre sur un circuit.

LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE,

Considérant :

que l'état actuel des communications internationales ne peut satisfaire les besoins de la clientèle par suite des trop longs délais d'attente dus à l'encombrement des circuits existants.

Emet l'avis :

Que des efforts devraient être faits pour réaliser les conditions ci-après :

1° Pour les circuits internationaux d'une longueur inférieure à 500 km., le nombre de ces circuits devrait être tel que le délai d'attente soit au plus égal à une demi-heure à l'heure la plus chargée, ce qui, d'après les statistiques établies en Grande-Bretagne, correspondrait à 50 unités de conversation pendant les heures de jour.

2° Pour les circuits de 500 et 1.000 km. le délai d'attente devrait

être inférieur à 1 heure, ce qui correspondrait à 75 unités pendant les heures de jour.

3° Les circuits de plus de 1.000 km. devraient être construits en prenant comme base 100 unités de communication pendant les heures de jour.

Tarifs variables suivant les heures de la journée.

LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE,

Considérant :

Qu'il serait désirable d'obtenir une courbe de trafic journalier plus régulière.

Emet l'avis :

Que soit mise à l'étude par la sous-commission permanente le principe de 3 tarifs différents suivant les heures de la journée par analogie avec les tarifs pratiqués par les compagnies de distribution d'énergie ; l'application de ces tarifs étant subordonnée à la réalisation de communications avec les délais d'attente fixés précédemment.

Décentralisation du trafic international.

LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE,

Considérant :

Que le réseau international ne doit pas être un réseau réunissant exclusivement les capitales, un tel réseau devant entraîner des retards dans la transmission des communications, un allongement des trajets suivis et l'encombrement du réseau intérieur.

Emet l'avis :

Que pour décentraliser ce réseau, il soit créé des centres de grand transit international analogues aux centres de zone ou de région du service intérieur, ces centres étant réunis entre eux soit directement, soit indirectement par des circuits ayant les caractéristiques des circuits internationaux.

Nombre des circuits desservis par une opératrice.

LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE,

Considérant :

Que le prix de revient des communications à grande distance dépend

surtout des frais d'établissement et d'entretien du circuit et dans une faible proportion seulement, des frais d'exploitation dans les centraux terminaux;

Que, par suite, il importe d'obtenir un rendement maximum des circuits.

Émet l'avis :

1° Que les circuits internationaux soient desservis à raison de : une opératrice par circuit s'il n'existe qu'un seul circuit entre deux centres;

Une opératrice pour deux circuits s'il existe au moins deux circuits entre ces deux centres.

2° Que les circuits internationaux soient séparés en circuits d'arrivée, de départ et de transit.

Préparation des communications.

LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE,

Considérant :

Que le temps pendant lequel les circuits sont inutilisés provient surtout du délai qui s'écoule entre l'appel d'un abonné et sa réponse et de l'échange des communications de service.

Émet l'avis :

1° Qu'une communication devrait être effectivement préparée pour chaque circuit;

2° Qu'il y aurait intérêt à ce qu'une communication internationale puisse être offerte aux abonnés même pendant le cours d'une communication urbaine les intéressant;

3° Qu'il soit essayé de réaliser une préparation des communications par télégraphe, toutes les fois qu'on en aura la possibilité technique. Les résultats obtenus par l'emploi des différentes méthodes seront centralisés par la sous-commission permanente pour permettre la détermination ultérieure d'une méthode standard d'exploitation;

4° Que, quand deux centres devront être réunis par de nombreux circuits en câble, il soit étudié, par les pays intéressés, une méthode d'exploitation analogue aux méthodes d'exploitation urbaine (circuits d'ordre, positions B; positions tandem), et que les résultats de l'étude soient communiqués à la sous-commission permanente.



Fractionnement de l'unité de 3 minutes.

LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE,

Considérant :

Que le tarif élevé des communications à très longue distance qui seront réalisées dans l'avenir en Europe, peut amener à envisager le fractionnement de l'unité de 3 minutes.

Émet l'avis :

Qu'au point de vue de l'exploitation, rien ne s'oppose à l'admission dans ce cas, du fractionnement par demi-unité (soit 1 minute et demie), après la première unité de 3 minutes.

Etablissement de statistiques de trafic.

LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE,

Considérant :

Que pour faciliter le contrôle du trafic et fournir les éléments nécessaires à l'amélioration du service, il serait désirable d'établir les statistiques sous une forme standard.

Nombre de circuits existants.	Nombre d'heures-circuits réellement utilisables de 7 h. à 21 h.	Nombre d'unités de conversation de 7 à 21 h.			
		Communications directes		Communications de transit	
		Arrivée	*Départ*	*Arrivée*	*Départ*

Nombre d'appels annulés	Attente moyenne entre 10 et 11 heures et 14 heures et 15 heures

Émet l'avis :

Que, pour commencer, on note, deux jours au moins par mois à fixer par les deux pays intéressés, les renseignements ci-dessus pour chaque groupe de circuits internationaux reliant deux localités.

La répartition du trafic de transit sera indiquée dans un tableau annexe du modèle ci-après :

Nombre d'unités de conversation échangées entre les villes de... (1) et... (2) pendant les deux journées des...

DÉPART			ARRIVÉE		
De	Pour	Nombre d'unités	De	Pour	Nombre d'unités
(3)	(3)		(3)	(3)	

(1) Nom du pays établissant la statistique.
(2) Nom du pays correspondant.
(3) Noms des Centraux.

Statistiques pour l'évaluation du trafic futur.

LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE,

Considérant :

Que pour permettre l'établissement des projets de travaux, il y aurait intérêt à adopter des règles communes pour la prévision du trafic, et à établir pour le trafic entre un pays et les pays avec lesquels il est relié ou se propose d'être relié, des statistiques d'un modèle uniforme.

Émet l'avis :

1° Que pour évaluer l'augmentation de trafic probable, on admette que la loi de l'accroissement sera la même que pendant les 5 années normales précédentes. Si les durées d'attente, la qualité de l'audition ou les taxes ont été modifiées dans la période de ces 5 années ou doivent l'être dans la période future envisagée, il faudra en tenir compte dans les évaluations et l'on fournira les renseignements utiles dans la colonne observations.

Si les localités considérées ne sont pas encore en liaison téléphonique, on pourra trouver un élément d'appréciation dans le rapport des trafics téléphoniques et télégraphiques entre localités du même genre et en admettant une proportion analogue pour le futur trafic téléphonique;

2° Que les statistiques de prévision de trafic soient établies conformément au modèle du tableau ci-après (voyez p. 1054) :

Langue employée pour l'établissement des communications.

Le comité technique préliminaire,

Considérant :

Que l'usage de langues différentes est de nature à nuire à l'exploitation des circuits internationaux.

Émet l'avis :

Que pour l'échange des communications de service, la langue française soit utilisée entre deux pays de langues différentes à moins d'accord particulier entre les deux pays intéressés pour l'usage d'une langue de service commune.

Avis du Comité technique préliminaire concernant les questions d'entretien.

Protection des circuits internationaux contre les dommages causés au personnel et au matériel par les lignes de courants industriels.

Entretien et surveillance des lignes.

ENTRETIEN

Protection des circuits internationaux contre les dommages causés au personnel et au matériel par les lignes de courants industriels.

Le comité technique préliminaire,

Considérant la diversité des dispositions adoptées dans différents pays pour protéger les lignes téléphoniques contre les dommages causés au personnel et au matériel par les lignes de courants indus-

TRAFIC ENTRE X ET Y *

Bureaux extrêmes	Nombre d'unités de conversation échangées par jour	Nombre d'appels restés sans suite	Trafic total (2 + 3)	Nombre des circuits en service	Nombre des circuits nécessaires pour le trafic actuel	Délai moyen d'attente à l'heure la plus chargée	Trafic probable dans		Observations
							5 ans	10 ans	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)

* X et Y désignent les deux pays correspondants.

triels, afin de faire profiter tous les pays des dispositions reconnues les meilleures,

Émet l'avis :

Que les règlements en vigueur dans les différents pays soient communiqués à la sous-commission permanente pour lui permettre d'élaborer un projet de règlement efficace et, s'il se peut, uniforme pour tous les pays.

Points de coupure sur les circuits internationaux.

Le comité technique préliminaire,

Considérant :

Que la localisation des dérangements doit se faire surtout au moyen de mesures précises et en évitant, le plus possible, les coupures en ligne ;

Que, d'autre part, le passage en coupure des circuits dans des bureaux nombreux augmente l'affaiblissement et détruit l'homogénéité des lignes.

Émet l'avis :

1° Que le nombre des postes de coupure, source de fréquents dérangements, soit réduit au minimum compatibles avec les exigences locales ;

2° Que des postes de mesures permettant des mesures précises soient installés dans les bureaux situés sur le trajet du circuit et distants de *200 km. environ*. Ces bureaux s'appelleront « points de coupure principaux » et la portion du circuit comprise entre deux points de coupure principaux : « section principale ». Dans une section principale la position du défaut sera déterminée par des mesures effectuées en concordance aux points de coupure placés de part et d'autre du défaut. Les résultats de ces mesures seront échangés entre les bureaux correspondants.

Si le circuit est muni d'amplificateurs, les stations de relais amplificateurs seront des « points de coupure principaux ».

Il est conseillé d'éviter l'introduction permanente d'une grande longueur de câble sur un circuit aérien pour le passage de ce circuit dans un point de coupure principal en recourant à l'emploi d'un dispositif de coupure à distance.

L'emplacement des points de coupure principaux figurera sur les projets soumis à l'examen de la sous-commission permanente.

Points de coupure des lignes internationales en câbles.

Le comité technique préliminaire

Émet l'avis :

Qu'il y a intérêt à ne prévoir de coupure en vue des essais, sur les lignes internationales en câbles, que dans les stations de relais amplificateurs.

Surveillance des lignes.

Le comité technique préliminaire,

Considérant :

Qu'il y a intérêt à assurer la surveillance continue des lignes en vue de prévenir les dérangements dans la limite du possible et d'assurer leur relève rapide.

Émet l'avis :

Qu'il y aurait intérêt, lorsque l'importance de la ligne le justifie, à organiser un service de patrouille de surveillance le long des lignes, ainsi qu'il est déjà d'usage dans certains pays.

Échange de références concernant la constitution des circuits internationaux et essais périodiques.

Le comité technique préliminaire

Émet l'avis :

1° Que pour faciliter l'entretien des circuits internationaux et accélérer la relève des dérangements, les pays intéressés se communiquent la constitution exacte des circuits sur leurs territoires respectifs et se fassent part de tout changement important dans cette constitution;

2° Que des essais de conductibilité et d'isolement des conducteurs soient faits chaque mois par les postes tête de ligne ou les stations d'amplificateurs les plus voisines de la frontière s'il y a lieu.

Les résultats de ces mesures seront échangés entre les services intéressés.

Rétablissement rapide des communications internationales.

LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE,

Considérant,

Qu'il est de l'intérêt général de rétablir le plus rapidement possible les communications internationales en cas de dérangement d'une certaine durée.

Émet l'avis :

1° Que le pays sur le territoire duquel une ligne internationale est en dérangement s'efforce, dans la mesure du possible, de substituer à la section défectueuse un circuit du réseau intérieur ;

2° Qu'afin d'assurer dans ce cas une bonne transmission sur la ligne internationale, une étude préalable soit faite dans chaque pays pour déterminer les circuits du réseau intérieur susceptibles d'être utilisés dans le cas envisagé.

PROGRAMME DES TRAVAUX IMMÉDIATS ET PROJET DE PROGRAMME A LONG TERME ÉTABLIS PAR LE COMITÉ TECHNIQUE PRÉLIMINAIRE

Travaux immédiats à exécuter dans l'Ouest de l'Europe pour faire face aux besoins internationaux les plus urgents.

Programme des travaux qu'il serait désirable d'exécuter dans les différents pays ouest-européens, en vue de permettre l'établissement d'un réseau teléphonique international futur à la hauteur des besoins modernes.

PROGRAMME DES TRAVAUX (immédiats et futurs).

PROGRAMME DES TRAVAUX IMMÉDIATS.

Le Comité technique préliminaire ayant réuni les éléments statistiques qui permettent d'esquisser, dès maintenant, un programme de travaux urgents à exécuter en 1923 et 1924.

Émet l'avis :

Que les nouvelles communications suivantes soient réalisées :

Angleterre-Belgique : 4 circuits Londres-Bruxelles ; 2 circuits Londres-Anvers.

Angleterre-France : 3 circuits Paris-Londres qui seront livrés en 1923 à l'exploitation.

Angleterre-Suisse : 3 communications aériennes directes via Bâle : 2 circuits combinants, 1 circuit combiné avec un tracé aussi court que possible.

Angleterre-Italie : Un circuit Londres-Milan, via Bâle.

A propos de ces communications Angleterre-Suisse et Angleterre-Italie, il y aurait intérêt à procéder sans retard à une étude précise en vue de déterminer les dépenses et les délais d'établissement. Les pays intéressés désirent que ces trois communications soient établies sans attendre la construction des lignes en câbles en France.

Au cas où la *France* ne pourrait satisfaire à leurs désirs, les Administrations britannique, suisse et italienne, pourraient se voir contraintes de choisir un autre tracé.

France-Suisse : Réaliser le plus tôt possible les circuits prévus par l'accord de 1920 conclu entre les administrations intéressées, savoir :

3 circuits Paris-Genève (2 combinants + 1 combiné).
1 — Paris-Bâle,
1 — Paris-Zurich.
1 — Lyon-Genève.
1 — Nancy-Bâle.
1 — Belfort-Bâle.
1 — Genève-Thonon.
1 — Genève-Annecy.

France-Espagne :

1 circuit Paris-Madrid.
1 — Paris-Barcelone.
1 — Bayonne-Saint-Sébastien.
1 — Hendaye-Irun.
1 — Cerbère-Port Bou.

Belgique-Suisse :

1 circuit Bruxelles-Bâle (déjà cité par les trois administrations intéressées).

Italie-Suisse :

1 circuit Milan-Berne.
1 — Milan-Genève.
1 — Milan-Bâle.
1 — Milan-Zurich.
1 — Milan-Lugano.
1 — Gênes-Zurich.

***

PROGRAMME A LONG TERME (préliminaire).

En ce qui concerne le programme à long terme, se rapportant aux communications à prévoir dans un délai de 5 à 10 ans, en dehors des besoins immédiats ci-dessus énumérés,

Le comité technique préliminaire,

Considérant :

Qu'il est indispensable que les données statistiques recueillies dans tous les pays intéressés le soient suivant des règles communes ;

Qu'actuellement le Comité technique préliminaire manque de données statistiques précises établies comme il vient d'être dit.

Émet l'avis :

Qu'il soit procédé, dans chaque pays, à des études sur l'accroissement probable du trafic pour une période de 5 et 10 ans,

Que ces études soient faites suivant les règles indiquées par le Comité technique préliminaire.

Considérant toutefois :

Que le Comité technique préliminaire a pu recueillir quelques indications sur les besoins futurs de certains États représentés au Comité international préliminaire.

Émet l'avis :

Que soient prises en considération les suggestions ci-après se rapportant au programme à réaliser dans un délai de 5 à 10 ans.

Angleterre-Belgique. Nombre total de circuits nécessaires :

	Dans un délai de 5 ans	Dans un délai de 10 ans
Londres-Bruxelles.....	12	16
Londres-Anvers	7	9



Angleterre-France. — Les 21 circuits du câble Paris-Londres projeté semblent satisfaire aux besoins pour la première période de 5 ans. A la fin de cette période, il faudrait en outre :

3 circuits Londres-Lille
et 2 — Londres-Boulogne-sur-Mer.

Angleterre-Suisse. Nombre total de circuits nécessaires :

	Dans un délai de 5 ans	Dans un délai de 10 ans
Londres-Genève.....	2	3
Londres-Bâle........	2	3
Londres-Zurich	2	3
Londres-Lausanne...	néant	1
Londres-Berne......	néant	1

Angleterre-Italie. — D'autres communications directes anglo-italiennes seraient désirables dès que l'exécution du réseau téléphonique français rendra la chose possible.

France-Suisse. — Nouveaux circuits à poser dans un délai de dix ans :

3 circuits Paris-Genève.
3 — Paris-Bâle.
3 — Paris-Berne.
2 — Paris-Lausanne.
2 — Paris-Neuchâtel.
3 — Paris-Zurich.
1 — Lyon-Genève.
2 — Lyon-Bâle.
2 — Lyon-Zurich.
1 — Nancy-Bâle.
2 — Nancy-Zurich.
3 — Strasbourg-Bâle.
3 — Strasbourg-Zurich.
1 — Besançon-Neuchâtel.

Les pays intéressés émettent le vœu que la communication prévue Cette-Genève soit remplacée par un circuit Marseille-Genève.

Suisse-Italie :

1 circuit Turin-Lausanne.
1 — Turin-Genève.

1 circuit Turin-Bâle.
1 — Turin-Zurich.
1 — Gênes-Lausanne.
1 — Gênes-Berne.
1 — Gênes-Bâle.
1 — Gênes-Zurich.
1 — Rome-Genève.
1 — Rome-Berne.
1 — Rome-Zurich.
1 — Bologne-Zurich.
1 — Bologne-Lausanne.
2 — Milan-Lausanne.
1 — Milan-Genève.
1 — Milan-Rome.
2 — Milan-Bâle.
3 — Milan-Zurich.
3 — Milan-Lugano.
2 — Milan-Chiasso.

En outre une liaison non précisée de la Suisse vers Venise.

Belgique-Italie : Une communication directe italo-belge serait désirable dès que l'exécution du réseau téléphonique français rendra la chose possible.

Espagne-Italie : Une communication directe hispano-italienne (Barcelone-Gênes) serait aussi désirable dès que l'exécution du réseau téléphonique français rendra la chose possible.

France-Italie :

2 circuits Paris-Turin.
2 — Paris-Milan.
2 — Paris-Rome.
2 — Lyon-Milan.

Ces communications France-Italie devraient être réalisées dans un délai de 5 ans.

TÉLÉPHONIE AUTOMATIQUE

APPLICATION DU STROWGER

au service téléphonique des grandes villes (1).

Un nouveau dispositif pour centraux automatiques Strowger vient d'être créé par l'« Automatic Electric Company ». Constitué au moyen d'un groupement spécial d'organes Strowger, ce dispositif, dénommé « directeur », permet de faire face, d'une façon simple et économique, aux besoins spéciaux du service téléphonique dans les plus grandes villes.

On sait que dans les villes très importantes le nombre des abonnés est tel que les numéros d'appel devraient en principe se composer de 6 ou 7 chiffres. S'il en était ainsi, les usagers du téléphone éprouveraient de sérieuses difficultés pour retenir et surtout pour épeler (ceci s'applique aux abonnés reliés à un central manuel) les numéros de leurs correspondants.

Pour obvier à cet inconvénient, et aussi pour avoir la possibilité de donner à certains centraux des noms ayant une valeur géographique ou historique, on a été conduit à composer les indicatifs d'appel au moyen d'un nom et d'un nombre, généralement de 4 chiffres.

Lorsque, dans un grand réseau, on substitue la téléphonie automatique à la téléphonie manuelle, il est tout indiqué, pour les raisons ci-dessus, d'adopter un cadran avec lettres et chiffres, de façon que les abonnés soient appelés, non pas par 6 ou 7 chiffres, mais par 2 ou 3 lettres (désignant le central) et 4 chiffres.

Les lettres peuvent être disposées sur le cadran comme l'in-

(1) Extrait du Journal *Automatic Telephone* (n° 11-12, nov.-déc. 1922).

dique la figure 1. On peut, bien entendu, adopter toute disposition du même genre pourvu qu'elle évite la confusion visuelle des chiffres et des lettres, en particulier du chiffre 0 et de la lettre O, ainsi que du chiffre 1 et de la lettre I.

Fonction du directeur. — Le « directeur » utilisé dans le système métropolitain Strowger *enregistre* les deux ou trois lettres

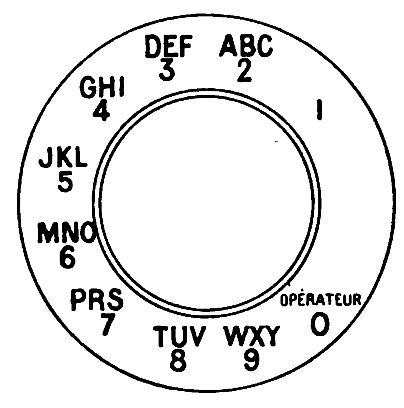


Fig. 1.

du nom du central desservant l'abonné demandé et les quatre chiffres du numéro de cet abonné ; puis il *envoie*, en nombre égal ou non à celles reçues, des impulsions spéciales ayant pour objet : 1° de préparer, section par section, une voie vers le central désiré ; 2° d'actionner, dans ce central, sélecteurs et connecteurs pour l'établissement de la communication.

Le champ d'application du « directeur » s'étend à toutes les liaisons qui peuvent être nécessaires dans un grand réseau, qu'il soit complètement ou partiellement automatique. Ces liaisons sont de quatre classes :

1° de central automatique à central automatique ;
2° — automatique à — manuel ;
3° — manuel à — automatique ;
4° — manuel à — manuel, par l'intermédiaire d'organes automatiques.

Le « directeur » peut être utilisé non seulement dans les

réseaux en voie de transformation, mais aussi dans les réseaux automatiques existants, équipés en Strowger type « deux fils ».

Constitution et montage du directeur. — Le « directeur » est constitué, ainsi qu'il a été dit plus haut, par un groupement spécial d'organes Strowger. Il est muni d'un *répartiteur* permettant de modifier à tout moment les connexions intérieures sans gêner le service.

Le « directeur » est monté sur une base amovible comparable à celle des sélecteurs et connecteurs.

L'encombrement d'un « directeur » complet est égal à celui de quatre sélecteurs Strowger.

Les figures 3 et 4 montrent les faces avant et arrière d'un « directeur ».

Fonctionnement du directeur. — Dans cette étude succincte, le cas de la liaison entre centraux automatiques est seul envisagé; il donnera une idée suffisante du fonctionnement du « directeur ».

Si l'on examine le schéma de principe reproduit ci-après (fig. 2) on voit que les éléments du système métropolitain Strowger sont :

a) des présélecteurs primaires (CPL) et secondaires (CSL), ou des chercheurs doubles ;

b) le sélecteur de directeur ;

c) le directeur ;

d) un ou plusieurs sélecteurs de centraux ;

e) le sélecteur des unités de mille ;

f) le sélecteur des centaines ;

g) le connecteur.

Le premier groupe d'impulsions (groupe qui correspond à la première lettre de l'indicatif du central terminal) met en mouvement le sélecteur de directeur, qui sélectionne un directeur sur le niveau convenable. Le deuxième et le troisième groupe d'impulsions (correspondant à la deuxième et à la troisième lettre) sont *enregistrés* dans le directeur par un organe du genre sélecteur, dénommé *sélecteur-enregistreur.* Les quatre groupes d'impulsions numériques reçues à la suite des groupes d'impul-

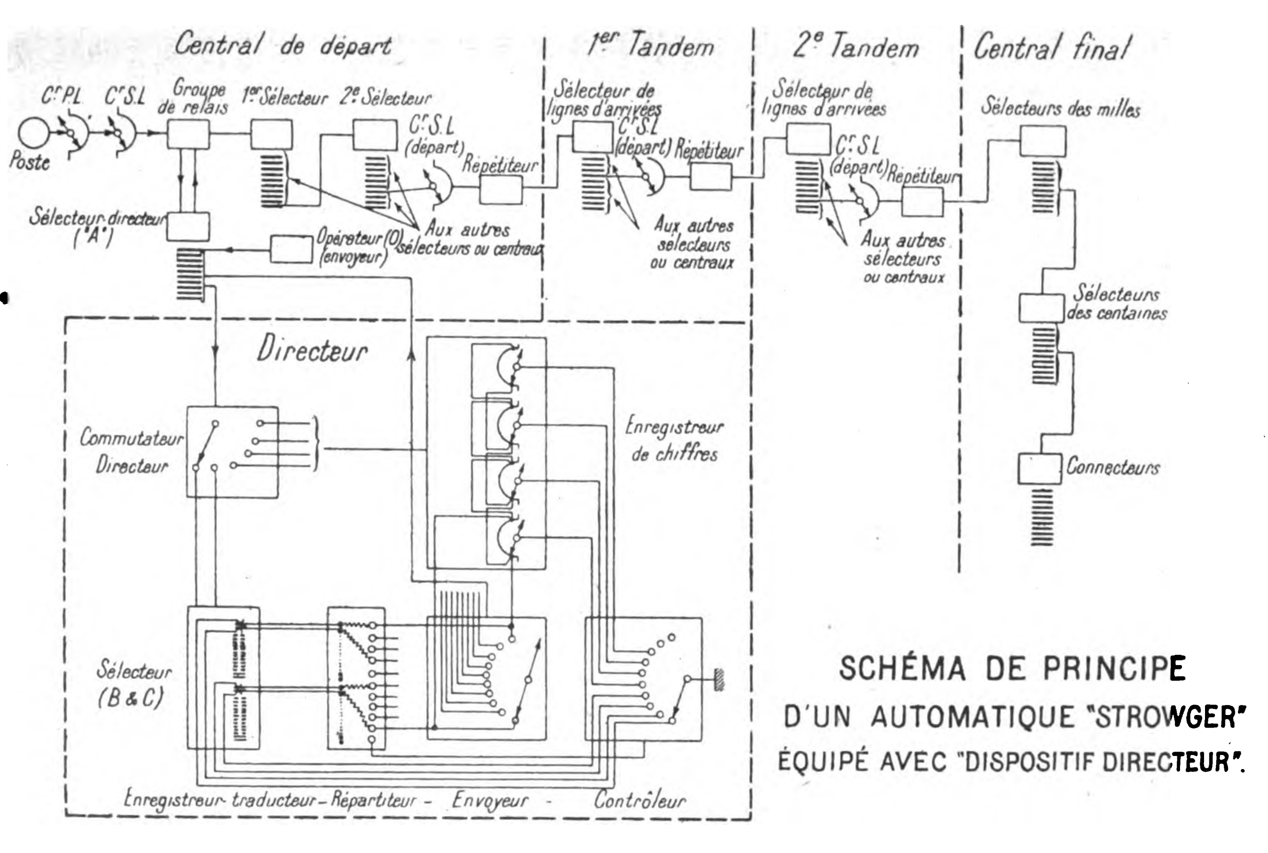

Central de départ
1er Tandem
2e Tandem
Central final
Poste
Cr P.L
Cr S.L
Groupe de relais
1er Sélecteur
2e Sélecteur
Cr S.L (départ)
Répétiteur
Sélecteur directeur ("A")
Opérateur (O) (envoyeur)
Aux autres sélecteurs ou centraux
Sélecteur de lignes d'arrivées
Sélecteurs des milles
Sélecteurs des centaines
Connecteurs
Directeur
Commutateur Directeur
Enregistreur de chiffres
Sélecteur (B & C)
Enregistreur-traducteur-Répartiteur - Envoyeur - Contrôleur
SCHÉMA DE PRINCIPE
D'UN AUTOMATIQUE "STROWGER"
ÉQUIPÉ AVEC "DISPOSITIF DIRECTEUR".

Fig. 2.

sions-lettres sont enregistrés dans le directeur par des *enregistreurs de chiffres*, organes analogues aux présélecteurs. (Un enregistreur supplémentaire est nécessaire sur les « party-lines » à un seul numéro).

Supposons que le central appelé soit SEGUR et que son indicatif soit SEG. La figure 1 montre que l'équivalent numérique de cet indicatif est 368.

Le sélecteur de directeur, actionné par le premier groupe d'impulsions, monte au troisième niveau et y sélectionne un directeur libre.

Le sélecteur-enregistreur reçoit les deuxième et troisième groupe d'impulsions et ses quatre frotteurs se placent comme suit : deux sur la position 6 et deux sur la position 8. Ces deux groupes d'impulsions sont alors *traduits* grâce aux connexions réalisées sur le répartiteur du directeur. Si, par exemple, pour atteindre le central SEGUR on doit employer quatre sections, représentées par quatre groupes d'impulsions 1-4-7-3, les quatre contacts de la position 68 du sélecteur-enregistreur sont reliés aux contacts 1-4-7-3 sur le *répartiteur* du directeur. Au cas où deux sections seulement, 1-4, permettraient d'atteindre SEGUR, les deux contacts de la position 6 du sélecteur-enregistreur seraient reliés au répartiteur comme précédemment, et les deux contacts de la position 8 seraient reliés sur le répartiteur à des contacts spéciaux qui feraient avancer le contrôleur de l'envoyeur (dont il est question ci-après) jusqu'à la position correspondant au premier groupe d'impulsions numériques.

Aussitôt que les impulsions-lettres, destinées à la sélection du central terminal, ont été enregistrées, le *contrôleur de l'envoyeur* relie son premier contact au contact 1 du banc de l'envoyeur, par l'intermédiaire des contacts du sélecteur-enregistreur : une impulsion est alors envoyée. Le contrôleur, passant à la position suivante, relie son deuxième contact au contact 4 du banc de l'envoyeur toujours par l'intermédiaire des contacts du sélecteur-enregistreur : un groupe de 4 impulsions est envoyé. Les groupes d'impulsions 7 et 3 sont envoyés de la même façon.

Le contrôleur, avançant ensuite d'une position, relie son cin-

quième contact au contact 5 du banc de l'envoyeur, par l'intermédiaire des contacts des enregistreurs de chiffres. L'envoyeur, continuant ses fonctions, émet alors les impulsions numériques destinées à sélectionner l'abonné.

Libération du directeur. — Dès que la communication est établie, le directeur est libéré et les connexions se comportent comme dans le Strowger ordinaire.

Si, un directeur étant occupé, il y a entre les groupes d'impulsions un intervalle supérieur à un temps prédéterminé, 30 secondes par exemple, le directeur est libéré automatiquement.

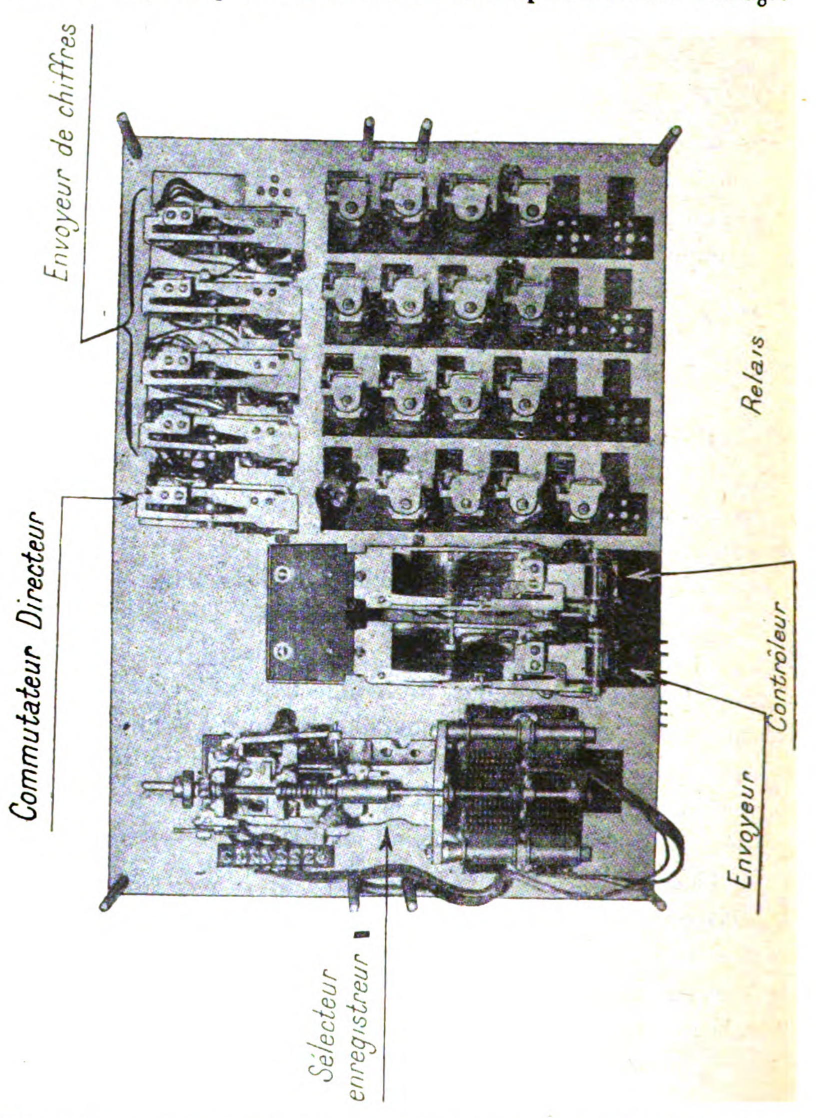
Dans le cas où l'appel est abandonné après qu'une partie seulement en a été transmise, le directeur et les sections occupées sont libérés et l'abonné est mis en communication avec une opératrice.

Dans le cas où l'appel est destiné à un abonné relié au central même, le directeur peut être libéré aussitôt après l'envoi des lettres, les impulsions chiffres aboutissant directement aux organes du central.

Durée d'opération. — Un abonné met en moyenne 12 secondes pour numéroter trois lettres et quatre chiffres. Des essais nombreux ont montré que 4 secondes environ après que le cadran d'appel est revenu au repos, le connecteur saisit la ligne de l'abonné appelé. En tenant compte du temps, une seconde environ, qui sépare le début de l'appel de l'instant où la ligne est prise, on voit que le délai qui s'écoule entre le début de la numérotation chez le demandeur et le début de l'appel chez le demandé est de 17 secondes.

Remarque concernant le sélecteur de directeur. — Suivant le nombre de centraux compris dans le réseau, le sélecteur de directeur est du type présélecteur (organe n'absorbant pas d'impulsions) ou du type sélecteur. Le type présélecteur convient si le réseau comporte moins de 100 centraux, ce qui limite à 6 le nombre des groupes d'impulsions (2 pour les lettres et 4 pour les chiffres). Le type sélecteur doit être employé si le réseau comporte plus de 100 centraux parce que dans ce cas le nombre des groupes d'impulsions nécessaires est de 7.

Contrôle dans le directeur. — Le directeur envoie les différents groupes d'impulsions à une vitesse déterminée et à des intervalles suffisants pour que le sélecteur ait le temps de choisir une ligne



libre. (Rappelons que dans le système Strowger, 1/3 de seconde suffit pour que le sélecteur inspecte les 10 lignes d'un niveau). Il n'est donc pas utile de prévoir un contrôle en retour pour

donner au sélecteur le temps de remplir son rôle avant que le groupe d'impulsions suivant soit envoyé. Le contrôle en retour immobilise souvent des organes occupés faute de ligne libre dans les heures de trafic intense. Dans ce cas, le directeur donne le signal d'occupation.

Dans les systèmes où la vitesse de sélection est faible, ou lorsque le champ d'inspection est trop grand, le contrôle en retour est nécessaire, afin de ne pas retarder tous les appels pour lesquels le temps maximum d'aboutissement n'est pas nécessaire.

Centraux en tandem. — Dans les grands réseaux, il n'est pas économique d'avoir des lignes directes entre tous les centraux. C'est pourquoi on est conduit à utiliser des positions en « tandem ».

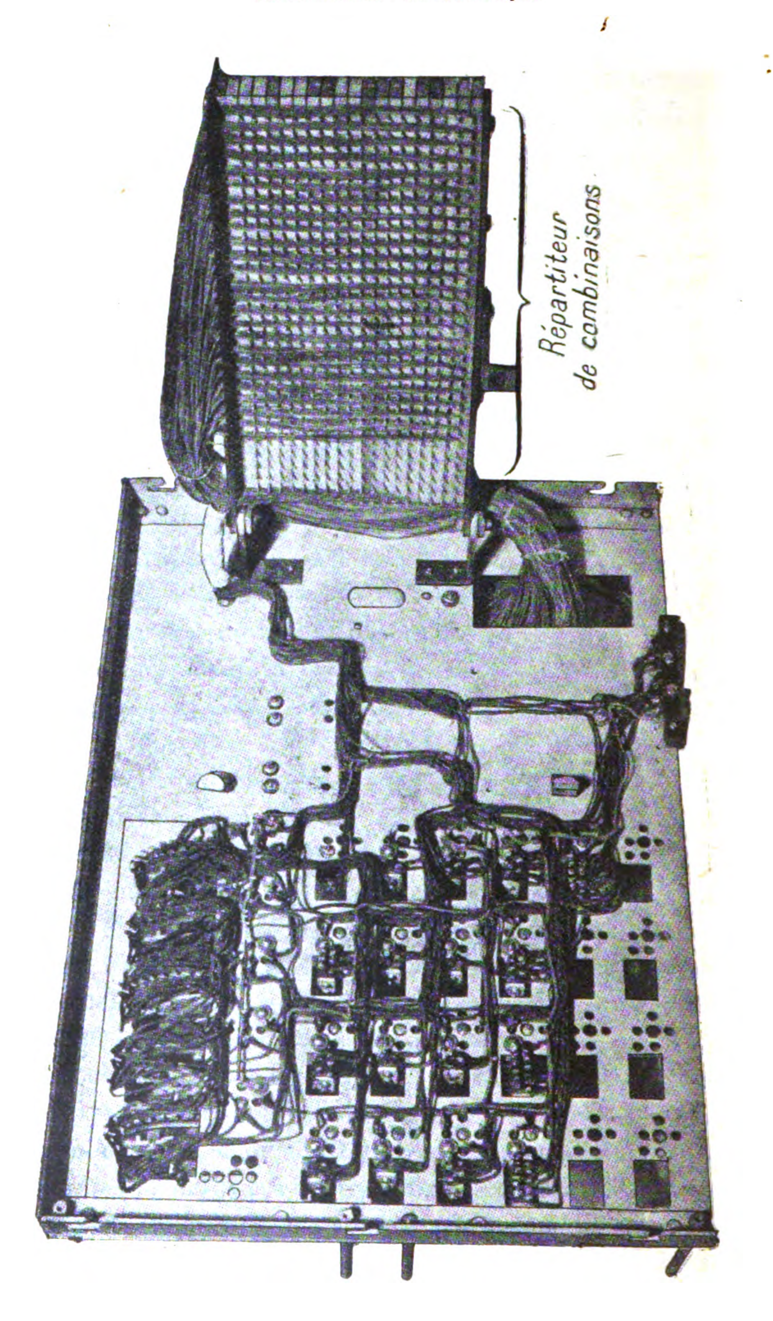
En téléphonie manuelle, l'exploitation en « tandem » présente l'inconvénient de faire intervenir une ou plusieurs opératrices de plus, ce qui augmente les chances d'erreurs. Avec le directeur, qui permet de prendre autant de sections qu'il est utile pour atteindre le Central de l'abonné demandé, l'exploitation en « tandem » peut être généralisée.

Du fait que les connexions à l'intérieur du directeur peuvent être modifiées à tout instant sans aucune gêne pour le service, l'utilisation des tandems peut être réglée suivant les besoins du moment. Il suffit que des sélecteurs soient prévus dans les centraux par lesquels les appels doivent passer.

Il a été dit précédemment que, dans un système à 6 ou 7 groupes d'impulsions, on peut passer par une, deux, trois ou quatre sections pour atteindre le central désiré, ce qui répond à la majorité des besoins. Il convient de remarquer que, par l'addition d'un troisième banc au sélecteur-enregistreur, on peut employer six sections pour atteindre le central demandé ; le nombre des groupes d'impulsions nécessaires pour l'appel par le cadran est alors de 7, et le nombre des groupes d'impulsions émises par l'envoyeur est de 10.

Applications diverses. — Le directeur permet toutes les combinaisons réalisées normalement avec le Strowger. Il peut notam-




Répartiteur
de combinaisons

ment être employé dans les cas suivants : services à compteurs de conversation ; comptages variables avec les zones ; compteurs de trafic; compteurs d'appels perdus ; service de vérification et de contrôle ; service suburbain ; service interurbain ; service pour bureaux satellites ; service pour postes à prépaiement; service pour installations privées, à lignes simples ou multiples.

Equipement de démonstration.

Une station de démonstration a été réalisée à « Kansas City » (Missouri), où est installé un système automatique type « Panel » de 10.000 lignes, équipé à 6.700, afin de montrer les possibilités de liaison entre le système métropolitain Strowger avec dispositif directeur, le système « Panel », et les centraux manuels équipés avec des indicateurs lumineux d'appel.

Le but poursuivi est de démontrer que, dans le cas envisagé où le deuxième central de Kansas serait du type Strowger, le dispositif directeur permettrait d'assurer toutes les liaisons.

A Kansas, les problèmes spéciaux suivants se posent :

Liaisons 1 : de central Strowger à central Panel ;

Liaisons 2 : de central Panel à central Strowger ;

Liaisons 3 : de central Strowger à central manuel équipé avec des indicateurs lumineux d'appel ;

Liaisons 4 : de central Strowger à central manuel équipé avec des indicateurs lumineux d'appel à travers un central manuel en tandem.

1) *Strowger vers Panel.* — Comme les lignes venant du Strowger aboutissent directement à des panneaux de sélecteurs d'entrée (panel incoming selectors) sans passer par le traducteur de l'envoyeur, il faut traduire les impulsions décimales partant du Strowger en impulsions code Panel (ces dernières sont positives ou négatives, fortes ou légères). Cette opération est réalisée par le *Decimal Transfer set* qui est analogue au dispositif utilisé sur certaines positions d'opératrices pour la traduction d'impulsions à base décimale en impulsions à base non décimale.

2) *Panel vers Strowger.* — Le Panel opère comme s'il envoyait

des impulsions à un indicateur lumineux d'appel. Il faut traduire ces impulsions code Panel en impulsions décimales Strowger. C'est le travail du *Decimal Decoder*, genre d'indicateur d'appel du type Panel.

3) *Strowger vers manuel équipé avec indicateur d'appel.* — Le *Decimal coder* va traduire les impulsions Strowger en code Panel. De plus, dans le cas où le chiffre des centaines est celui qui sert à indiquer le « party » désiré sur une ligne commune, le « decimal coder » doit déplacer ce chiffre et le placer le dernier sur le registre de l'opératrice. Exemple : on numérote ABC-12345, l'opératrice doit lire ABC-1245-3. Ce cas a été prévu, mais n'est pas à envisager à Kansas, où le chiffre indiquant le « party » est le dernier.

4) *Strowger vers manuel équipé avec indicateur lumineux d'appel à travers un central en tandem.* — Le *Decimal coder tandem* est à peu de chose près un « decimal coder ».

*
* *

D'après des essais faits par la « Kansas City Telephone C° », il ressortirait que la moyenne des dérangements dus à l'équipement Strowger (comprenant tous ces coders et decoders) varie de 0,2 à 0,6 %, suivant la classe des appels.

Dans ce nombre, on a compris tous les dérangements d'origine inconnue (45 % du total des dérangements) qui n'ont pu être localisés et qui dès lors peuvent provenir de l'installation Panel ou des indicateurs d'appel.

INDUCTION ÉLECTROMAGNÉTIQUE
DES LIGNES DE TRANSPORT D'ÉNERGIE
SUR LES LIGNES DE COMMUNICATION

L'importance croissante donnée aux installations de transport de force et de lumière, le développement de la traction électrique des chemins de fer soulèvent d'importants problèmes relativement à la protection des lignes de communication (lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux), contre les effets perturbateurs que pourrait engendrer le champ électromagnétique des lignes à haute tension.

Les Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones, consacreront désormais une place importante à la publication de documents techniques se rapportant à cette question.

Le premier document publié, extrait du rapport définitif du « Joint Committee on Inductive Interference » (1) constitué par la commission des chemins de fer de l'Etat de Californie, est un projet de réglementation, proposé à la suite d'une longue étude théorique et expérimentale, et approuvé ultérieurement par la « Railroad Commission ».

Le Comité Technique des Postes et Télégraphes a émis l'avis qu'il soit recommandé aux producteurs, distributeurs d'énergie, constructeurs d'appareils et machines, constructeurs de lignes de s'inspirer dès à présent, dans leurs projets ou leurs travaux, des règles contenues dans ce document.

Cet avis a été émis après consultation et adhésion des représentants qualifiés des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique et des Compagnies des chemins de fer.

---

(1) Le « Joint Committee » est un comité réunissant les représentants des compagnies d'énergie et des compagnies de télégraphe et de téléphone, institué pour l'étude des perturbations exercées par les lignes d'énergie sur les lignes de communication. Ses travaux ont duré quatre années.



Ceci constitue une première manifestation de la collaboration qui doit se rencontrer entre les services intéressés lors de l'étude et de l'exécution des mesures à prendre pour prévenir ou limiter les troubles d'induction électro-magnétique sur les lignes de communication.

RÈGLES APPLIQUÉES EN CALIFORNIE POUR PRÉVENIR OU ATTÉNUER LES PERTURBATIONS PAR INDUCTION EXERCÉES PAR LES LIGNES D'ÉNERGIE SUR LES LIGNES DE COMMUNICATION.

I. — Dispositions générales.

a) Champ d'application des règles. — Ces règles, sauf disposition contraire du titre I (*c*), s'appliquent et sont valables dans les conditions suivantes :

1°) Les règles spéciales aux lignes comprises dans un « parallélisme ou à l'appareillage relié à de telles lignes, ne s'appliqueront qu'au cas des parallélismes créés à l'avenir ; toutefois les règles ayant trait à l'exploitation et à l'entretien s'appliqueront à toutes ces lignes et à l'appareillage, tant existants que nouveaux.

2°) Les règles non spéciales aux lignes comprises dans un « parallélisme ou à l'appareillage relié à de telles lignes, ne s'appliqueront qu'aux constructions neuves, mais aussi, toutefois, aux lignes et à l'appareillage existants lorsque ceux-ci subiront une reconstruction ou un renouvellement général.

b) Coopération. — Toute partie projetant une reconstruction nouvelle et qui serait dans le cas d'établir un « parallélisme » s'entendra avec l'autre ou avec les autres parties intéressées et toutes devront collaborer en vue d'éviter le parallélisme ou, si cela est impossible, de réduire au minimum, les perturbations en résultant. Le défaut d'observation de cette prescription sera retenu par la Commission dans toute éventualité où la ligne serait en cause.

c) Principe du prix minimum. — Quand il existera deux ou plusieurs méthodes différentes pour éviter ou atténuer les perturbations on adoptera généralement celle entraînant la moindre dépense, sans considérer si les modifications nécessaires doivent être apportées à l'installation de la partie qui crée le parallélisme ou à celle de l'autre partie.

On donnera cependant la préférence aux méthodes évitant le parallélisme sur celles qui atténuent les perturbations.

En outre on choisira entre les différentes méthodes d'atténuation ayant des degrés différents d'efficacité celle étant la plus efficace dont le prix puisse se justifier. Dans l'estimation de ce prix, il sera tenu compte de tous les facteurs de dépense affectant les deux parties en cause.

d) *Parallélismes existants.* — Les parties exploitant des lignes de transport d'énergie (1) ou de communication devront faire toute diligence dans l'application de mesures, conformes dans leur ensemble aux principes des présentes règles, pour atténuer les perturbations, par induction, dues aux parallélismes existants ; on devra s'occuper promptement de tout parallélisme qui, maintenant ou plus tard, causerait des perturbations excessives.

Quand des lignes faisant partie de parallélismes existants seront développées, étendues, ou d'une façon générale reconstruites ou quand un appareillage additionnel y sera relié ou quand l'appareillage qui leur est relié actuellement sera renouvelé ou modifié, l'installation nouvelle ou modifiée devra être conforme aux dispositions des présentes règles.

e) *Clauses de réserve.* — La Commission se réserve le droit de modifier toute disposition des présentes règles dans tels cas d'espèces où, de l'avis de la Commission, elle servirait l'intérêt public en agissant ainsi.

II. — Définitions.

Certains termes techniques sont employés ici dans le sens précisé par les définitions ci-après :

a) *Circuit de transport d'énergie classe H.* — Le terme « Circuit de transport d'énergie classe H » désigne toute ligne aérienne à fil nu de transport de force ou tout réseau de distribution y relié électriquement, à courant alternatif sous tension constante,

(1) « Power line » est pris dans son sens le plus général et englobe les lignes de transport, de distribution d'énergie électrique et les lignes de traction.

(Note du traducteur.)



présentant une différence de potentiel de 5.000 volts ou plus entre deux conducteurs quelconques, ou de 2.900 volts ou plus entre l'un quelconque des conducteurs et la terre, mais à l'exception des lignes de trolley des tramways et des feeders qui sont reliés électriquement à ces dernières lignes.

b) Relié électriquement. — Le terme « Relié électriquement » signifie relié par un conducteur ou à travers un condensateur, par opposition aux liaisons par simple induction magnétique.

c) Circuit de signaux. — Le terme « Circuit de signaux » désigne tout circuit d'appel téléphonique, télégraphique, de message, d'horlogerie, d'incendie, d'alarme (police), ou tout autre circuit de même nature, exclusivement affecté à la transmission de signaux ou renseignements et fonctionnant à moins de 400 volts par rapport à la terre ou de 750 volts entre deux points du circuit, pourvu que le courant transmis n'excède pas 150 watts de puissance si la tension dépasse 150 volts.

d) Circuit de communication. — Le terme « Circuit de communication » désigne tout circuit aérien, à fil nu, pour signaux sous les réserves suivantes : s'il s'agit d'un circuit téléphonique, il est limité aux circuits métalliques d'intercommunication et aux circuits métalliques exploités par une administration de chemin de fer ou autre compagnie pour ses dépêches, ou pour le service public entre communes distinctes.

e) Ligne. — Le terme « ligne » désigne tout circuit ou ensemble de circuits sur poteaux ou pylones et englobe les supports.

f) Parallélisme. — Le terme « parallélisme » désigne un système dans lequel un circuit de transport d'énergie classe H et un circuit de communication suivent sensiblement le même parcours ou sont plus généralement voisins sur une distance suffisante pour que le circuit de transport d'énergie soit susceptible de provoquer des troubles (ou perturbations par induction) dans le circuit de communication.

Dans certains parallélismes, les perturbations ne se produisent que lorsque des incidents anormaux se produisent sur le circuit de transport. Dans ce cas, les règles relatives aux conditions normales d'exploitation ne sont pas applicables.

Un parallélisme « normal » est celui dans lequel les perturbations sont susceptibles de se produire dans les conditions normales d'exploitation et pour lequel par conséquent toutes les règles sont applicables.

g) Configuration. — Le terme « configuration » désigne la disposition géométrique d'un ou de plusieurs circuits, y compris la section des câbles (ou fils) et leur position relative entre eux comme avec la terre.

h) Transposition. — Le terme « transposition » désigne une permutation dans la position des conducteurs d'un circuit entre des sections successives de ce dernier.

i) Périodes de transposition (Barrel). — Le terme « période de transposition », s'applique à une disposition d'une section d'un circuit de transport d'énergie de configuration uniforme et dans laquelle chaque conducteur occupe, sur des distances égales, chacune des positions.

j) Discontinuité. — Le terme « discontinuité » signifie un changement brusque dans les positions relatives d'un circuit de transport d'énergie et d'un circuit de communication, ou tout changement brusque dans la configuration, l'impédance ou la charge de la ligne sur le parcours de l'un ou l'autre circuit (y compris les changements de ce genre dus au branchement de transformateurs, câbles, bobines de charge ou autres appareils) qui influe manifestement sur la grandeur ou la phase des tensions et des courants induits par unité de longueur ou sur les capacitances de l'un et l'autre circuit. Les transpositions ne sont pas, néanmoins, considérées comme des discontinuités.

k) Coordination. — Le terme « coordination » appliqué à des systèmes en transposition, signifie que les transpositions dans des circuits de transport d'énergie et de communication compris dans un parallèle sont efficacement disposées, les unes par rapport aux autres de même que par rapport aux discontinuités, de manière à réduire les effets d'inductions dans les circuits de communications.

l) Tensions équilibrées et résiduelles. — Les tensions des divers fils d'un circuit de transport d'énergie, par rapport à la terre, sont

divisées pour la commodité en deux classes de composantes : équilibrées et résiduelles.

Les « tensions équilibrées » sont les composantes égales en grandeur et ayant un rapport de phases tel que leur somme algébrique reste constamment nulle.

Les composantes restantes des tensions par rapport à la terre et qui existent dans des conditions autres que celles de parfait équilibre, sont dites « résiduelles ». Elles sont équivalentes à une tension monophasée existant entre les fils de transport d'énergie mis en parallèle et la terre. La somme des composantes résiduelles est appelée « tension résiduelle » du circuit.

Dans le cas d'un circuit triphasé, c'est le triple de la tension monophasée équivalente mentionnée plus haut.

Mathématiquement, la tension résiduelle est la somme vectorielle des tensions à la terre des divers fils d'un circuit de transport d'énergie, tandis que les tensions équilibrées sont les composantes dont la somme vectorielle est zéro.

m) *Intensités équilibrées et résiduelles.* — Les intensités dans les divers fils d'un circuit de transport d'énergie sont divisées pour la commodité en deux classes de composantes intensités « équilibrées » et « résiduelles ».

Les intensités « équilibrées » sont celles des courants qui parcourent seulement les fils du circuit, sans retour sur la terre. Par suite, leur somme algébrique est nulle à tout instant. Les autres composantes des intensités dans les divers fils, et qui existent dans des conditions autres que celles de parfait équilibres sont dites « résiduelles ». La somme des composantes résiduelles est appelée « intensité résiduelle » du circuit. Elle est équivalente à l'intensité d'un courant monophasé dans un circuit constitué d'une part par les fils en parallèle et d'autre part par la terre.

Mathématiquement, l'intensité résiduelle est la somme vectorielle des intensités dans les divers fils du circuit de transport d'énergie, tandis que les intensités équilibrées sont les composantes dont la somme vectorielle est nulle.

III. — Positions des lignes.

a) *On doit éviter les parallélismes.* — On devra faire tout son possible pour éviter la création de parallélismes. Si les parties intéressées peuvent s'entendre sur un plan assurant un éloignement convenable des deux catégories de lignes, de manière à éviter les perturbations (dans le circuit à basse tension) on devra mettre ce plan à exécution. En aucun cas on ne devra créer un parallélisme à moins que les frais nécessaires pour éviter les perturbations par écartement des lignes ne soient supérieurs aux dépenses résultant de l'application des mesures requises par les présentes règles pour y porter remède.

b) *Signification des intentions.* — La partie qui se propose de construire une ligne nouvelle soit de la classe H, soit de communication, pouvant crééer un parallélisme, ou généralement de reconstruire une ligne existante ou d'en modifier les conditions d'exploitation, cette ligne étant comprise dans un parallélisme, devra (au moins 60 jours avant la construction si possible, mais en aucun cas, jamais moins de 20 jours avant, sauf pour de faibles extensions, auquel cas avis doit être donné immédiatement aussitôt l'autorisation délivrée pour les travaux) donner connaissance de ses intentions à l'autre partie en y adjoignant des renseignements complets sur la situation dans le parallélisme et tels autres détails sur la ligne proposée qui pourraient affecter les phénomènes d'induction.

c) *Distance entre les lignes.* — Les lignes de transmission d'énergie classe H et les lignes de communication doivent être aussi écartées que possible. Leur séparation doit être d'un intervalle au moins égal à la hauteur au-dessus du sol des lignes de transmission d'énergie sauf lorsque l'on ne peut éviter une plus grande proximité.

Si dans un cas quelconque de trouble par induction, on trouve qu'il est impossible d'obtenir un degré convenable de sécurité par l'application des mesures préventives exposées dans ces règles ou par d'autres moyens ayant même objet, les parties

intéressées devront s'entendre et adopter un plan propre à augmenter l'intervalle des lignes à l'intérieur du parallélisme.

Pour favoriser l'application efficace des transpositions les deux parties devront s'efforcer de maintenir un écartement uniforme des deux lignes dans tout parallélisme normal. Toutefois et de façon générale, lorsqu'il sera possible de réaliser un accroissement d'écartement supérieur à 20 %, sur une distance supérieure à un mile (1.609 mètres) on devra le faire.

d) *Longueur des parallélismes.* — Les parallélismes doivent être aussi courts que possible.

e) *Discontinuités.* — Dans la pose, la construction et la reconstruction générale des lignes à l'intérieur des parallélismes normaux, on devra faire tout ce qui est raisonnablement possible pour éviter les discontinuités (sauf celles dues à des accroissements d'intervalle comme il est dit ci-dessus en *c*) qui seraient une cause de perturbation dans l'application de systèmes de transpositions efficaces économiques et coordonnées dans les lignes de transport d'énergie et de communication.

Dans la pose et la construction de la première ligne le long d'une grande route, il faut s'efforcer tout spécialement d'éviter les traversées de la route et d'éviter aussi toute autre disposition qui aurait pour effet de créer sans nécessité des discontinuités, en cas de construction d'une autre ligne en bordure de la même route.

IV. — Plan et construction des lignes.

a) *Conditions générales.* — La qualité des matériaux, de la main-d'œuvre, les méthodes et le genre (classe) de construction doivent être conformes à la pratique moderne, spécialement en ce qui concerne l'élimination des défauts de construction et de circonstances telles par exemple que celles résultant d'un isolement médiocre qui tendraient à causer ou à provoquer des troubles par induction.

b) *Disposition et espacement des conducteurs d'énergie.* — Dans l'établissement des projets de construction ou de recon-

struction générales des lignes de transport d'énergie de la classe H on tiendra compte de la configuration des lignes, en vue de réduire au minimum sur toute la longueur de la ligne les inégalités de capacitance des conducteurs par rapport à la terre et aussi, dans les parallélismes normaux, l'intensité des effets d'induction. Quand deux ou plusieurs circuits sont portés par une même ligne, les rapports de phases entre les conducteurs des divers circuits doivent être choisis dans le même esprit. Les configurations de lignes triphasées à préférer dans diverses conditions sont discutées en annexe de ce rapport.

Il faut éviter un écartement excessif des conducteurs.

Il faut éviter les branchements à deux fils électriquement reliés à un circuit triphasé classe H sauf les dérivations assez courtes pour ne pas déséquilibrer sensiblement le circuit triphasé. Lorsqu'on fait usage de pareilles dérivations on doit les répartir de façon à causer le minimum de déséquilibrage.

On ne doit employer aucun circuit à un seul fil avec terre de la classe H ni aucune dérivation de même genre sur les circuits à plusieurs fils de la classe H.

c) *Transpositions. Généralités.* — Tous les circuits d'énergie classe H et les circuits métalliques de communication, ou les extensions de ces circuits construits dorénavant ou généralement remaniés devront être transposées sur toute leur longueur, de manière à équilibrer aussi parfaitement que possible les capacitances des conducteurs par rapport à la terre. Dans ce but pour les lignes triphasées à circuit unique la longueur maximum de la période de transposition sera de 12 miles pour les circuits de forme triangulaire (1) et de 6 miles pour les autres formes. Pour les circuits jumelés des lignes triphasées la longueur maximum de la période sera de 6 miles sauf pour les circuits du type vertical (comprenant les cas où le conducteur du milieu est reporté légèrement vers l'extérieur) et du type triangulaire équilatéral avec sommet en haut, ces deux derniers pouvant avoir des périodes de

(1) On entend ici par « forme triangulaire » celle où la hauteur du triangle est supérieure à la moitié de la longueur du côté le plus long pris pour base.



9 miles, si les circuits sont interconnectés pour réduire au minimum les déséquilibrages. L'annexe à ce rapport contient des indications relativement aux méthodes d'interconnexions donnant le minimum de déséquilibrages.

Exceptions. — Les lignes de transport d'énergie posées pour la plus grande partie sur des terrains privés, et non reliées électriquement à d'autres lignes sont exemptes de cette règle, lorsqu'elles sont éloignées des lignes existantes de communications, et des grandes routes utilisables pour l'installation future de lignes de communications, de distances non inférieures à celles indiquées ci-après.

Par contre la règle s'appliquera pour la traversée sous des angles de plus de 30 degrés et aussi pour les sections où le rapprochement à moindre distance a été inévitable, lorsque ces sections dépasseront un mille de longueur totale pour 10 miles consécutifs de ligne.

Tension entre les conducteurs de transport d'énergie	Distance minimum des routes et lignes de communication.
Au-dessous de 50.000.........	600 pieds
de 50.000 à 75.000.........	750 —
75.000 à 100.000.........	850 —
100.000 à 150.000.........	1.000 —
150.000 à 200.000.........	1.200 —

Pour les lignes de transport d'énergie satisfaisant à toutes ces conditions d'exemption mais qui sont électriquement reliées à d'autres lignes par des auto-transformateurs les longueurs maxima des périodes de transposition peuvent être doubles de celles spécifiées ci-dessus.

La question de savoir si des routes qui pourraient être intéressées par le projet seront par la suite employées pour des lignes de communication sera résolue par un accord entre la Compagnie de distribution d'énergie et les compagnies de communications (téléphones, télégraphes) exploitant des lignes sur le territoire traversé. En cas de désaccord ou s'il n'existe pas de compagnie de communication la question sera portée devant la

Commission. Au cas où l'emploi projeté d'une certaine route par une compagnie de communication serait le facteur déterminant pour décider si une ligne de transport d'énergie devrait être déplacée, la Compagnie de communication intéressée devra faire un effort pour établir ailleurs la ligne projetée et la décision sera prise en conformité du principe de la moindre dépense établie au titre Ic.

Les circuits existants de transport d'énergie classe H et ceux exemptés d'après le paragraphe précédent qui seraient englobés ultérieurement dans des parallélismes normaux devront être transposés de façon à équilibrer leurs capacitances par rapport à la terre lorsque cela sera nécessaire pour réduire à des valeurs tolérables les tensions et intensités résiduelles. L'emplacement et le nombre des transpositions dans ce but seront déterminés par accord entre les parties intéressées.

Dans l'emplacement et l'espacement des transpositions, il conviendra de tenir compte des discontinuités affectant les capacitances du circuit. Les sections du circuit comprises entre ces points de discontinuités seront traitées individuellement.

En général, on devra éviter les transpositions aux points de jonction des périodes de transposition successives.

Les circuits métalliques de communication et les circuits monophasés et biphasés d'énergie classe H doivent être transposés à des intervalles n'excédant pas 4 milles.

Les circuits d'énergie ayant moins de 3 milles de longueur n'ont pas besoin d'être transposés en dehors des parallélismes sauf si l'absence de transpositions troublait notablement l'équilibre d'autres circuits auxquels ils sont reliés électriquement.

Les circuits d'énergie avec fil neutre à la terre ayant une tension inférieure à 12.500 volts entre conducteurs n'ont pas besoin d'être transposés en dehors des parallélismes sauf le cas où, faute de telles transpositions, il y aurait perturbation.

Dans les parallèles normaux, les transpositions dans les deux classes de circuits doivent être faites comme il est indiqué au titre *d*) ci-dessous. Quand les transpositions nécessitées dans un parallèle troublent le système général de transposition de l'une

quelconque des lignes hors des limites du parallèle, le réajustement nécessaire des transpositions sera fait dans les sections de la ligne adjacente au parallèle, comme partie des mesures à prendre pour y remédier.

d) Transpositions à l'intérieur des parallélismes. — Dans chaque parallélisme normal on doit établir sur les circuits d'énergie et sur les circuits de communication quand ces derniers sont métalliques, un système convenable de transpositions pour neutraliser les effets d'induction dans la mesure du possible. Les systèmes de transpositions des deux catégories de circuits doivent être convenablement coordonnés. Les parties intéressées devront collaborer à l'établissement du système de transpositions à employer. Les transpositions nécessaires dans la ligne construite la dernière devront être installées avant la mise en service de cette ligne.

Dans l'application de ce qui précède, il conviendra d'appliquer en général les règles ci-après :

1° Pour chaque parallélisme normal on installera au moins une période de transposition dans le circuit d'énergie. Ceci s'applique également à une section de parallélisme où il ne serait pas possible d'obtenir l'équilibrage par combinaison avec une autre section. Dans l'application de cette règle, on n'a pas ordinairement en vue de modifier les portées qui répondent à d'autres nécessités.

2° Dans les longs parallélismes uniformes ou dans les longues sections uniformes de parallélisme comportant une ligne téléphonique distante de la ligne d'énergie de la largeur de la route les périodes de transposition auront 3 milles de longueur sauf variations nécessitées par la coordination avec les transpositions requises par les circuits téléphoniques. Les transpositions doivent être généralement évitées aux points de jonction des périodes successives.

3° Sous réserve des modifications prévues au titre I ci-dessus le nombre des transpositions nécessaires dans les circuits d'énergie parallèles aux circuits téléphoniques sera soumis aux limitations

suivantes exprimées en fonction de la distance moyenne entre les transpositions successives :

pour les circuits d'énergie à 50.000 volts ou plus entre conducteurs, 1 mille au moins ;

pour les circuits d'énergie à moins de 50.000 volts entre conducteurs, 1/6 de mille au moins (1).

4° Dans le cas de parallélisme entre une ligne d'énergie et une ligne télégraphique ou autre ligne de communication mise à la terre les transpositions dans le circuit d'énergie seront disposées en tenant compte des limites des parallèles et des discontinuités, en vue d'obtenir autant que possible un système équilibré ; toutefois, il faut que les transpositions du circuit d'énergie ne soient pas exigées à intervalles inférieurs à 1 mille, sauf modifications prévues au titre I ci-dessus. Dans les longues sections uniformes de parallèles, des périodes de transposition de 6 milles de longueur pourront suffire. Les transpositions seront supprimées aux points de jonction des périodes successives.

5° La question de la solution la plus économique à donner au projet devra toujours être considérée. On devra s'efforcer autant que possible d'utiliser les transpositions existantes.

Dans le cas d'une courte section de ligne nouvelle insuffisante par elle-même pour nécessiter des transpositions, mais susceptible par son extension future de les rendre nécessaires on recommande d'examiner l'opportunité d'établir une ou plusieurs transpositions convenablement placées dans la nouvelle section de ligne lors de sa construction, afin d'éviter par la suite des interruptions du service pour l'adjonction de transpositions.

Exceptions. — Il peut se présenter des cas de parallélisme où les perturbations sont dues presque entièrement aux tensions et intensités résiduelles ; en ce cas il n'est pas besoin de transpositions dans le circuit d'énergie sauf pour le cas prévu IV *c*).

---

(1) Tandis que les périodes de transposition d'environ 3 milles comme il est spécifié au titre II ci-dessus, sont généralement employées, les périodes plus courtes spécifiées au titre III sont parfois nécessaires dans les courts parallélismes et dans les courtes sections de parallélisme dans le but de tenir compte des discontinuités et d'obtenir un degré convenable d'équilibre.



V. — Plan. — Construction et disposition de l'appareillage.

a) Qualité et convenance. — Dans les plans, spécifications ou autres déterminations de la qualité ou de l'adaptation des appareils qui doivent être reliés à un circuit d'énergie classe H ou de communication ; dans l'aménagement de ces appareils pour leur emploi, on doit s'efforcer d'éviter dans la mesure raisonnable tous dispositifs qui tendraient à créer ou provoquer des perturbations par induction dans des conditions soit normales, soit anormales. Comme exemple d'applications de ce qui précède, on observera les règles suivantes :

b) Machines rotatives. — Pour améliorer les conditions générales, les compagnies exploitant des circuits d'énergie de la classe H feront tous leurs efforts pour réduire au minimum les composantes à haute fréquence de potentiel et d'intensité, engendrées par les machines rotatives. Toute nouvelle machine rotative doit avoir autant que possible une onde sinusoïdale pure de tension et ne doit en aucun cas s'en écarter au-delà des limites fixées dans les règles actuelles de standardisation de l'Institut Américain des Ingénieurs Électriciens.

On n'emploiera aucune connexion à la terre sur l'enroulement d'induit d'un alternateur ou d'un moteur alternatif relié électriquement à un circuit d'énergie compris dans un parallélisme normal, à moins d'employer des moyens propres à éviter le déséquilibrage des circuits et à réduire autant que faire se peut et qu'il est nécessaire les harmoniques triples résiduels.

c) Transformateurs et leurs connexions. — Afin de réduire au minimum possible la déformation des ondes de tension et d'intensité par les transformateurs, tous les nouveaux transformateurs pour circuits d'énergie de la classe H auront un courant d'excitation aussi faible que le permettra une bonne construction et qui ne devra pas dépasser, à la tension normale, 10 °/₀ de l'intensité à pleine charge ; toutefois pour les transformateurs n'ayant pas le neutre à la terre du côté ligne, le courant d'excitation à la tension normale n'aura pas besoin d'être inférieur à 0,2 ampère.

Lorsque les transformateurs triphasés sont employés avec neutre à la terre, le type à noyau est préférable au type de transformateur cuirassé.

Les transformateurs ou les groupes de transformateurs ne doivent pas être mis à la terre en des points de leurs enroulements tels qu'il en résulterait un déséquilibrage d'un circuit relié à ces transformateurs et faisant partie d'un parallélisme normal. Comme cas importants d'application de cette règle, on ne doit employer aucune connexion monophasée, diphasée et à trois fils ou triphasée en étoile ouverte mise à la terre.

Aucun transformateur ou auto-transformateur monté en étoile ne doit être employé avec neutre à la terre du côté relié à un circuit triphasé faisant partie d'un parallélisme normal, à moins d'employer, pour la suppression des composantes harmoniques triples introduites par les transformateurs, dans les tensions et intensités résiduelles, des enroulements secondaires ou tertiaires montés en triangle et à faible impédance, ou des moyens équivalents.

Il faut prendre soin que les unités individuelles de chaque groupe de transformateurs à neutre à la terre, reliées à un circuit faisant partie d'un parallélisme normal, soient identiques c'est-à-dire que le type, la puissance, le rapport de transformation soient identiques, et qu'elles soient semblablement connectées de façon à ne pas déséquilibrer le circuit.

Les connexions en triangle fermé doivent être employées partout où cela est possible de préférence aux connexions en triangle ouvert sur des circuits triphasés compris dans les parallélismes normaux. Quand on emploie ce dernier type de couplage, il faut le distribuer autant que possible uniformément sur les trois phases.

Lorsqu'à cause des groupes de transformateurs montés en étoile il existe des tensions et intensités résiduelles harmoniques triples d'une importance qui ne saurait être tolérée et qu'il ne convient pas d'isoler les neutres des transformateurs, on réduira ces résidus en faisant fonctionner les transformateurs sous une induction magnétique réduite ou par d'autres moyens possibles.

d) *Redresseurs de courant.* — Les redresseurs et autres appareils tendant à déformer l'onde de courant alternatif, quand ils sont installés sur des lignes d'énergie faisant partie de parallélismes normaux, doivent, s'il est nécessaire, être équipés avec un appareillage auxiliaire convenable pour empêcher la déformation nuisible de l'onde de tension ou d'intensité dans le circuit d'énergie.

e) *Interrupteurs.* — Tout interrupteur à huile d'un circuit d'énergie compris dans un parallélisme qui se trouve placé entre la ou les sources d'énergie et le parallélisme qui est employé pour ouvrir ou fermer le circuit, doit avoir ses pôles mécaniquement reliés pour que leur fonctionnement soit simultané. Il doit y avoir au moins un interrupteur de ce genre disposé pour couper le courant de chaque circuit d'énergie compris dans un parallélisme. Sauf aux stations où un opérateur est en permanence, ces interrupteurs doivent être automatiques en cas de court-circuit de terre et, dans le cas, de circuits avec neutre à la terre pour se protéger contre les terres anormales d'un autre circuit.

On doit étudier attentivement les moyens de réduire les perturbations passagères, causées par les manœuvres d'interrupteurs dans les circuits de classe H, qui pourraient provoquer des perturbations par induction. Là où cela est possible, il faut placer les interrupteurs du côté station plutôt que du côté ligne des groupes de transformateurs.

Les interrupteurs à huile qui ont leurs pôles reliés mécaniquement pour le fonctionnement simultané doivent être employés partout où l'usage d'interrupteurs à air ou d'interrupteurs à huile unipolaires sans interconnexion occasionneraient des perturbations passagères nuisibles dans les circuits de communication du parallélisme.

f) *Fusibles.* — Il faut employer des interrupteurs au lieu de fusibles sur les lignes principales, partout où cela est possible dans un circuit d'énergie comprise dans un parallélisme.

g) *Parafoudres électrolytiques.* — Quand on fait usage de parafoudres électrolytiques sur un circuit d'énergie compris dans un parallélisme, ces appareils doivent être munis de résistances auxiliaires de charge et de contacts disposés de telle façon que

les intervalles des cornes soient court-circuités au moment de la charge pour éviter autant que possible la production d'arcs.

h) *Instruments spéciaux.* — A la source d'énergie des circuits de force compris dans des parallélismes on installera des dispositifs à indicateurs sûrs pour avertir immédiatement les opérateurs des conditions normales telles que terres et si possible des ouvertures de circuits qui ne provoqueraient pas le fonctionnement des interrupteurs automatiques.

Lorsqu'on emploie une connexion du neutre à la terre dans un circuit compris dans un parallélisme, il faut installer un ampèremètre capable de mesurer l'intensité dans le fil neutre dans les conditions normales de fonctionnement. Cet ampèremètre sera établi sur chaque connexion du neutre à la terre, à la station principale génératrice et aux sous-stations principales surveillées du réseau relié électriquement au circuit compris dans le parallélisme.

i) *Appareillage des lignes de communication.* — Tout l'appareillage relié électriquement à des circuits métalliques de communication faisant partie de parallélismes doit être étudié et construit de manière à assurer dans toute la mesure possible un équilibrage précis des impédances en série et des admittances à la terre des deux côtés des circuits, afin de réduire au minimum les influences nuisibles de l'induction produite par les circuits d'énergie du parallélisme.

VI. — Exploitation et Entretien.

a) *Conditions générales.* — Les Compagnies exploitant des lignes de distribution d'énergie ou de communication doivent utiliser dans l'exploitation et l'entretien des circuits compris dans des parallélismes tous les moyens susceptibles de réduire au minimum les perturbations en fonctionnement normal et à éviter les perturbations passagères.

b) *Équilibrage.* — Dans l'entretien des circuits d'énergie et de communication compris dans des parallélismes, il faut veiller spécialement à éviter les défauts mécaniques et électriques qui



provoqueraient ou détermineraient des perturbations temporaires ou des déséquilibrages tels que ceux dus à des mises à la terre par des arbres, des isolateurs défectueux ou sales ou d'autres défauts.

Les tensions et intensités des circuits d'énergie compris dans les parallèles doivent être équilibrées d'aussi près que possible; les déséquilibrages accidentels doivent être promptement corrigés.

c) Enregistrement du courant sur le neutre. — En tous les points des réseaux avec neutre à la terre ainsi qu'il est prescrit au titre V, *h)* les compagnies de distribution d'énergie observeront et enregistreront chaque jour l'intensité max. approximative sur le neutre.

d) Transformateurs. — Aucun transformateur relié à des circuits d'énergie faisant partie de parallèles normaux ne doit fonctionner à plus de 10 °/₀ au-dessus de sa tension nominale. Partout où ce sera possible dans les installations existantes et dans tous les cas, pour les installations nouvelles, les groupes de transformateurs avec neutre à la terre du côté relié à un circuit d'énergie faisant partie d'un parallélisme normal ne devront pas fonctionner à plus de 5 °/₀ au-dessus de leur tension normale.

e) Interrupteurs. — Dans toutes les manœuvres d'interrupteurs, on devra éviter autant que possible la production de perturbations temporaires nuisibles.

f) Mise en charge des parafoudres électrolytiques. — Quand malgré l'observation du titre V, *g)* la mise en charge des parafoudres électrolytiques est cause de perturbations, cette opération devra être faite la nuit autant que possible et de préférence entre deux heures et quatre heures du matin.

g) Conditions anormales. — Les Compagnies de distribution d'énergie devront adopter des règles d'exploitation spécifiant la marche à suivre par leurs opérateurs durant les périodes pendant lesquelles un circuit d'énergie compris dans un parallélisme est anormalement déséquilibré, comme cela arrivera pour une ligne ou pour un enroulement de transformateur coupé, mis à la terre ou court-circuité.

De telles règles doivent en général prévoir l'interruption du

service sur la ligne de transport d'énergie jusqu'à ce que le défaut soit réparé, à moins qu'il ne soit évident que la remise en service de la ligne dans la section considérée présente de plus grands inconvénients que l'interruption ainsi provoquée dans le service de communications.

Quand il est nécessaire de remettre sous courant une ligne de transport de force défectueuse pour localiser un défaut, il faut prendre soin d'éviter autant que possible la répétition de la remise en circuit d'une telle ligne lorsqu'elle est parallèle à des circuits de communication, jusqu'à ce que le défaut ait été éliminé. Partout où ce sera possible on ne devra pas admettre le courant dans la section de ligne défectueuse plus d'une fois avant sa disjonction de la section faisant partie d'un parallélisme.

Pour étudier et empêcher les perturbations causées dans les circuits de communication par des conditions passagères des circuits d'énergie, il faut noter avec précision la nature et l'instant des incidents qui se produisent dans toutes les perturbations temporaires des circuits de la classe H faisant partie de parallélismes ; on notera aussi les différentes manœuvres et toutes les interruptions pendant ces perturbations.

On notera d'autre part l'instant des troubles passagers apportés au circuit de communication de façon à pouvoir déterminer d'une façon précise les relations de cause à effet.

ANNEXE

Disposition et espacement des conducteurs d'énergie

Complément aux titres IV (b) et IV (c).

La disposition et l'espacement des conducteurs dans les circuits de transport d'énergie sont importants, car la disposition des conducteurs, par le déséquilibrage ou l'inégalité des capacités par rapport à la terre peut donner naissance aux tensions et intensités résiduelles, et l'espacement a pour effet de produire dans les circuits de communication parallèles de l'induction, même avec des tensions et des intensités équilibrées.

Sur les tensions de ligne comprises dans les limites de parallélisme, on devra plutôt tenir compte des effets d'induction que des déséquilibrages de capacitance. Sur les sections de lignes en dehors des limites



de parallélisme on devra attacher plus d'importance au déséquilibre des capacitances, particulièrement dans les circuits sans fil neutre à la terre.

Les chiffres et comparaisons donnés ici s'appliquent à des circuits non transposés, mais la comparaison de différentes formes est également valable pour les circuits transposés pourvu que ces circuits le soient de façon identique. S'il n'y avait aucune irrégularité ni exactitude qui vînt nuire à l'efficacité d'un système de transposition, il serait théoriquement possible, en négligeant l'influence du changement de phase et de l'atténuation d'obtenir un équibrage parfait par le moyen de transpositions quelle que soit la disposition des conducteurs. Cependant, en pratique, des circuits même soigneusement transposés ont un déséquilibre résultant notable, particulièrement aux fréquences des harmoniques supérieurs, et ce déséquilibre est proportionnel à la caractéristique de déséquilibre du type de circuit. De même, l'induction résultante due à un circuit de transport d'énergie est proportionnelle à la valeur de la caractéristique d'induction du type du circuit. Chaque type de circuit a des caractéristiques très différentes tant pour le déséquilibrage que pour l'induction, par exemple certains circuits jumelés produisent jusqu'à 90 °/₀ de moins de déséquilibrage ou d'induction que d'autres.

L'influence de la disposition et de l'écartement des conducteurs sur le déséquilibrage de leurs capacitances par rapport à la terre et sur l'induction produite dans les circuits parallèles de communication sera discutée ici séparément.

Effet sur le déséquilibrage de capacitance.

En général, les capacitances par rapport au sol des conducteurs d'un circuit non transposé à fils multiples sont inégales, la valeur en °/₀ d'un déséquilibrage étant déterminée par le type du circuit et par suite caractéristique de celui-ci. Ce « déséquilibrage caractéristique » est un facteur important dans la détermination de la tension résiduelle d'un circuit isolé par rapport à la terre, ainsi que de l'intensité résiduelle d'un circuit neutre à la terre, en tant que le courant correspondant provient de la ligne elle-même. Prenons comme mesure du déséquilibrage caractéristique, la tension résiduelle d'un circuit court, uniforme et non transposé, sans liaison métallique avec le sol, recevant un courant triphasé à tensions équilibrées entre les conducteurs et appelons-la « tension résiduelle caractéristique ».

Le tableau suivant fournit une comparaison entre diverses formes de lignes de transport d'énergie à circuit unique dans les limites pratiques de section.

Tension résiduelle caractéristique en pour cent de la tension triphasée équilibrée entre conducteurs.

TYPE DE L'ARMEMENT	
En triangle équilatéral	0,5 à 4
Verticale	6 à 11
Horizontale	
Symétrique	5 à 9
Dissymétrique	7 à 11
En triangle isocèle :	
Base horizontale	0 à 8
Base verticale	0,5 à 9
En « L »	2 à 6
En « L » renversé	4 à 7

Les circuits en triangle ont les tensions résiduelles caractéristiques et les déséquilibrages les plus faibles. Les circuits symétriques horizontaux et verticaux sont à peu près équivalents, les dispositions verticales l'emportant légèrement en grandeur ; les circuits dissymétriques horizontaux présentent les max. Les tensions résiduelles caractéristiques des formes symétriques horizontales et verticales sont de 2 à 8 fois plus grands que ceux d'un circuit correspondant disposé en triangle équilatéral, suivant l'écartement et la hauteur des conducteurs. Les tensions résiduelles caractéristiques des circuits horizontaux dissymétriques sont d'environ 20 °/₀ plus grands que ceux des circuits horizontaux symétriques. Elles peuvent cependant être réduites à la valeur des tensions de circuits symétriques si la position du conducteur intermédiaire est modifiée, de telle façon que sa position moyenne soit au milieu des deux conducteurs externes (si le circuit est transposé, cette condition devra être remplie dans chaque section entre transpositions). Les tensions résiduelles caractéristiques des circuits en triangle équilatéral sont à peu près proportionnelles à l'écartement des conducteurs, mais ce facteur a peu d'influence dans le cas de circuits verticaux et horizontaux.

Avec les lignes doubles, il est possible de relier entre les deux circuits de manière telles que les déséquilibrages tendent à se neutraliser en donnant des valeurs résultantes plus faibles pour les capacitances de couples de conducteurs interconnectés que pour celles des conducteurs séparés de chaque circuit. Dans les circuits doubles, quel qu'en soit le type, les déséquilibrages maxima se manifestent quand des conducteurs symétriquement disposés par rapport à un plan vertical sont au même potentiel. Cette disposition doit être évitée dans tous les cas.

Dans les circuits du type vertical (ou bien dont les conducteurs

supérieurs et inférieurs sont dans le même plan vertical, les conducteurs médians étant décalés légèrement en dehors), les déséquilibrages minima résultants sont obtenus quand les conducteurs supr. des deux circuits sont au même potentiel et les conducteurs médians et inf. d'un circuit respectivement aux potentiels des conducteurs inf. et médians de l'autre (voir fig. 1 et 2). Dans les circuits triangulaires et

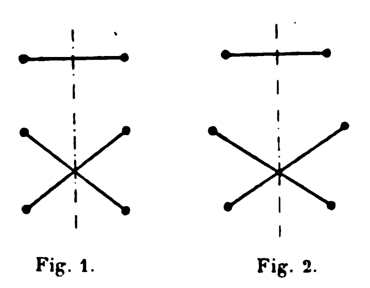


Fig. 1. Fig. 2.

horizontaux les déséquilibrages min. résultants sont obtenus lorsque les conducteurs semblablement placés de chaque circuit sont au même potentiel (fig. 3, 4 et 5). Ces figures ont des schémas en coupes

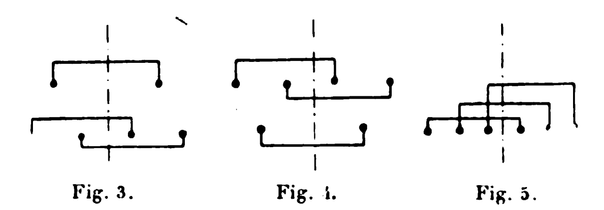


Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

transversale, les conducteurs au même potentiel sont représentés interconnectés.

Avec ces dispositifs, les déséquilibrages résultants sont en certains cas inférieurs de 10 °/₀ et généralement inférieurs de 50 °/₀ à ceux correspondant aux conditions les plus défavorables décrites. Les dispositifs représentés par les fig. 1, 2 et 3 donnent des déséquilibrages résultants de l'ordre de grandeur de ceux des lignes en triangle équilatéral et à circuit unique d'écartement correspondant des conducteurs, tandis que les figures 4 et 5 donnent en général des déséquilibrages plus grands. Dans tous les cas, la tension résiduelle caractéristique est prise comme mesure du déséquilibrage.

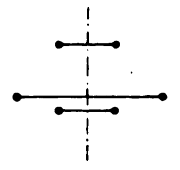
Lorsqu'on emploie des fils de terre et dans les cas de lignes à circuits dissymétriques ou comportant plus de 2 circuits une étude spéciale est nécessaire pour déterminer la disposition la meilleure.

Avec des circuits doubles de quelque forme que ce soit, si l'interconnexion donnant le déséquilibrage maximum est altérée par transposition des fils d'interconnexion, le déséquilibrage se trouve réduit de moitié. Les deux dispositions possibles d'interconnexion résultant de ce procédé sont représentées figure 6. Ce plan est utile lorsqu'il y a doute sur la disposition la meilleure.

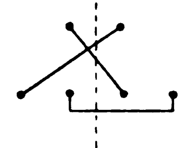
Pour retirer le maximum d'avantages de dispositifs donnant de faibles déséquilibrages, il faut relier entre eux les circuits doubles aux deux extrémités de la ligne et en des sous-stations intermédiaires si possible. Dans le cas où les circuits doubles sont mis en parallèle du côté station des transformateurs, mais ne peuvent être interconnectés du côté ligne, il est encore avantageux de fixer la position des phases des conducteurs comme s'ils devaient être interconnectés pour le déséquilibrage minimum.

Quand on transpose deux lignes de circuit jumelé pour assurer l'équilibre de leurs capacitances, la transposition doit se faire aux mêmes points des deux circuits en prenant soin d'assurer les conditions de déséquilibrage min. dans chaque section de ligne entre les transpositions (voir fig. 6 ci-dessous).

Interconnection symétrique donnant le déséquilibre maximum



Interconnections croisées réduisant le déséquilibre à la moitié de la valeur du maximum



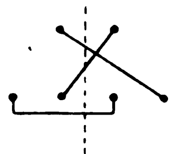


Fig. 6.

Les faits ci-dessus ont une influence notable sur le nombre des transpositions nécessaires pour équilibrer convenablement différents types de circuits ; des transpositions plus fréquentes étant nécessaires dans les circuits à grands déséquilibrages caractéristiques. Ceci a été pris en considération au titre IV (C).

Effets sur l'induction de tensions et intensités équilibrées.

Le type de circuit de transport d'énergie produisant les moindres effets d'induction dans un circuit parallèle de communication dépend de l'espacement des conducteurs et de la distance du circuit de communication. En général, pour tous les types de circuits, une augmentation de l'écartement des conducteurs d'énergie détermine une augmentation proportionnelle de la grandeur des phénomènes d'induction. Un écartement excessif doit donc être évité. D'autre part, du point de vue des troubles par induction comme du service de distribution d'énergie un large écartement est essentiel pour prévenir les courts-circuits ou terres dus à la neige, au vent, aux oiseaux, etc.

Pour les lignes séparées par la largeur d'une route ordinaire, un circuit d'énergie du type vertical cause généralement les moindres effets d'induction tandis que les types horizontaux causent les effets maxima, les dispositions en triangle étant intermédiaires à cet égard. Les mérites respectifs de différentes formes varient quelque peu avec l'écartement des deux catégories de lignes et avec les dimensions du circuit d'énergie ; ils dépendent aussi de l'importance relative des tensions et intensités équilibrées quant à la production d'induction.

Pour les lignes horizontales à faible tension 15.000 volts au moins, une disposition symétrique des conducteurs vaut mieux qu'une dissymétrique. Pour les lignes de toute tension si l'on adopte une disposition dissymétrique le conducteur intermédiaire doit être reporté vers le circuit de communication. Par suite, les circuits d'énergie horizontaux et dissymétriques, bordant les routes doivent avoir leur conducteur intermédiaire sur le côté des poteaux regardant la route, où sont

Méthodes d'interconnections
donnant le minimum d'induction

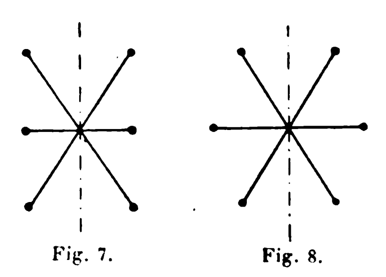


Fig. 7. Fig. 8.

les circuits de communication ou bien être placés de l'autre côté de la route. Quand deux ou plusieurs circuits synchrones sont portés par la même ligne, il est possible d'interconnecter les conducteurs des deux

circuits ou sinon de fixer leur rapport de phase de façon telle qu'il en résulte une neutralisation partielle des effets d'induction. Pour les circuits jumelés du type vertical, ou dont les conducteurs supérieurs ou inférieurs sont dans un même plan vertical et le conducteur médian légèrement déporté vers l'extérieur, la condition la plus favorable est en général d'avoir un potentiel commun pour les conducteurs opposés diagonalement (voir fig. 7 et 8).

Pour les circuits d'autres types, la méthode de connexion la plus favorable varie avec l'espacement et la hauteur des conducteurs d'énergie, et avec leur position relative par rapport au circuit de communication. Ainsi il n'est pas possible de formuler une recommandation générale, puisqu'une étude spéciale est également nécessaire pour les lignes portant plus de 2 circuits de même tension ou de tensions différentes, pour les lignes à double circuit dissymétrique et dans les cas où l'on emploie les fils de terre.

Dans la transposition des lignes à circuits jumelés pour neutraliser les effets d'induction dans les circuits parallèles de communication une précaution semblable doit être observée comme on l'a noté plus haut quant aux transpositions pour équilibrer les capacitances (voir fig. 9).

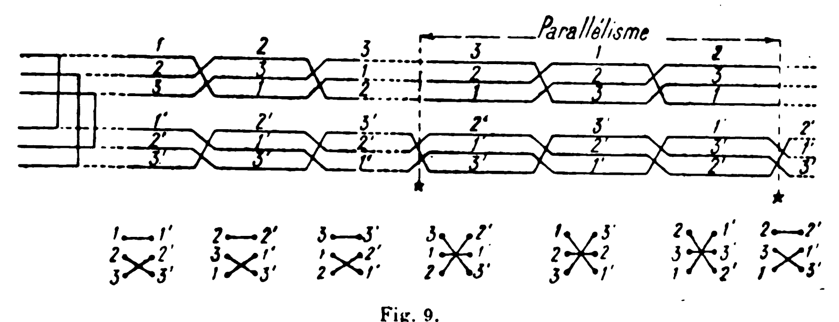


Fig. 9.

Formes recommandées.

Tenant compte à la fois des effets discutés ci-dessus et des considérations pratiques de construction, la forme du triangle équilatéral (soit à base horizontale soit à base verticale) est généralement recommandée pour les lignes de transport d'énergie à circuit unique et la disposition verticale (y compris le type à conducteur médian légèrement désaxé en dehors du plan vertical des deux autres) pour les lignes à deux circuits d'énergie.

La méthode de transposition des lignes verticales doubles pour assurer la meilleure disposition entre conducteurs interconnectés soit hors des limites soit dans les limites des parallèles est représentée fig. 9, un barillet étant visible en chaque position.

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES WAGONS-POSTE
ET DES WAGONS DE CHEMINS DE FER

Par M. HANFF,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

La question de l'éclairage des wagons de l'Administration des Postes et Télégraphes est capitale pour les services ambulants qui y effectuent chaque nuit un travail considérable. L'emploi du gaz comprimé doit être radicalement proscrit par le fait des aggravations de dangers qu'il cause en cas d'accident ; le seul mode actuellement possible est l'éclairage électrique. L'auteur expose les procédés utilisés pour l'éclairage des trains de chemins de fer et indique les dispositions spéciales qui permettent d'assurer aux wagons-poste, pendant leurs périodes de service, un éclairage constant quelque variables que soient la durée, la vitesse, le sens de leurs marches, ou la durée de leurs stationnements.

Nous nous proposons de décrire, dans cet article, les différents systèmes d'équipement électrique d'éclairage des trains actuellement installés (ou en voie d'installation) sur les voitures de l'Administration des P.T.T. qui circulent sur les différents réseaux français. On se rendra compte de l'importance de cette question par l'examen des tableaux suivants.

Soit un total général de 365 wagons, sans parler des wagons de plus petite dimension encore éclairés à l'huile ou au gaz, et d'ailleurs destinés à être liquidés pour la plus grande partie.

On sait, d'autre part, qu'après l'accident du tunnel des Batignolles (5 octobre 1921), le Ministre des Travaux publics invita les réseaux à supprimer complètement l'éclairage au gaz, et à le remplacer partout par l'éclairage électrique. Cette mesure générale s'applique évidemment aux wagons-poste. Une grande partie

Nombre total de wagons-poste de 14 et 18 mètres actuellement en service.

Compagnie	Wagons de 18 m	Wagons de 14 m
Est	24	21
Nord	20	17
Nord-Ouest (S[t] Lazare)	11	7
Ouest (Montparnasse)	14	17
Sud-Ouest (P.-O.)	41	25
Midi	11	7
P.-L.-M	18	57
Méditerranée (Littoral)	8	18
Total	147	169

Wagons-poste en construction.

Ateliers	Wagons de 18 m	Wagons de 14 m
Grenelle		5
Oissel	30	
Grand-Quevilly	7	
Aubevoie	7	

de ceux-ci était d'ailleurs déjà munie de l'éclairage électrique. La situation actuelle est, à ce point de vue, la suivante :

Compagnies	Équipements :						
	Leitner	Stone Lilliput	Dick	Brown Boveri	Accumulateurs	État E-V-R.	Vickers
P.-L.-M.	34	14	15				
P. O.		47		19			
Est		9					
Nord					37		
État						32	
Midi							4 (dont 2 en construction).
Total	34	70	15	19	37	32	4

Total général : 211 wagons.

Notons encore les chiffres suivants : Une trentaine de lampes

concourent à l'éclairage de chaque wagon ; chaque lampe de 14 bougies au maximum consomme 1 watt à 1 watt, 25 par bougie, le courant qui traverse le filament étant d'environ 0,8 ampère. La capacité normale des batteries d'accumulateurs employées est de 240 ampères-heures — (sauf sur les wagons-postes du P.O., où 2 batteries de 170 ampères-heures fonctionnent en parallèle). La dynamo qui assure la charge des batteries et l'éclairage d'un wagon doit pouvoir débiter facilement 50 ampères sous une trentaine de volts. On voit que les dépenses à faire pour doter un wagon de l'éclairage électrique sont loin d'être négligeables, et que la question vaut d'être étudiée avec un peu de détails.

Conditions techniques imposées aux équipements d'éclairage électrique des trains en général. — Le problème se pose de la manière suivante : Assurer la constance de l'éclairage quels que soient : la longueur des trajets, la longueur des arrêts, le sens de parcours de la ligne, la vitesse du train, la formation du train.

Nous n'étudierons ici que les systèmes d'éclairage électrique employant un générateur électro-mécanique en parallèle avec une batterie d'accumulateurs et le réseau d'éclairage — c'est là la solution la plus générale satisfaisant aux conditions énoncées ; si en effet on a pu réaliser l'éclairage par accumulateurs seuls (chemins de fer du Nord, chemins de fer de l'Etat prussien), il apparaît à première vue que l'emploi d'un tel équipement présentera des difficultés sérieuses au point de vue de la recharge des batteries, et sera très peu économique ; mais d'autre part, on ne peut se passer d'accumulateurs, puisque les lampes doivent pouvoir fonctionner pendant les arrêts, alors que le train n'est même pas formé. Il faut pouvoir créer, pendant la marche, l'énergie nécessaire à la recharge des accumulateurs. Deux procédés peuvent être employés :

1°) Si la composition des trains reste invariable au cours d'un trajet, l'éclairage collectif permettra la distribution de la lumière dans tous les wagons à l'aide d'un seul groupe générateur mû par l'essieu d'un fourgon, ou par un moteur spécial placé sur la locomotive (turbine à vapeur des chemins de fer de l'Etat prus-

sien, système l'Hoest Pieper, système de la General Electric Company, etc).

2° Si au contraire le train est appelé à se modifier en cours de route (grandes lignes, trafic international), on a recours à l'éclairage individuel des wagons, la génératrice prenant son mouvement sur l'essieu de la voiture.

Quelles sont les dispositions générales communes à tous les équipements de cette catégorie? Ils doivent remplir les conditions suivantes :

a) Permettre l'amorçage de la dynamo quel que soit le sens de marche.

b) Maintenir aux bornes de la dynamo une polarité indépendante du sens de rotation.

c) Coupler automatiquement la dynamo sur la batterie quand la vitesse de la dynamo est devenue suffisante pour que la charge de la batterie puisse s'effectuer.

d) Assurer cette charge dans des conditions convenables.

e) Interrompre la charge en temps opportun.

f) Maintenir constante la tension aux bornes des lampes.

g) Permettre l'éclairage par la batterie seule (arrêts) ou par la dynamo seule (rupture de la courroie de transmission, avarie à la batterie).

h) A ces conditions purement électriques s'ajoutent des conditions mécaniques ayant trait au mode d'installation de la dynamo dans le wagon. Celle-ci est accrochée sous le châssis, ou placée dans le fourgon (éclairage collectif Rosenberg). Le mouvement de l'essieu lui est transmis par une courroie. La régulation doit être telle que les vibrations de cette courroie ne risquent pas de créer des oscillations de la lumière émise par les lampes.

Difficultés spéciales aux wagons-poste. — Naturellement, l'équipement ne fonctionnera bien, toutes ces conditions supposées remplies, que si la batterie peut être effectivement rechargée, c'est-à-dire, si le nombre d'heures de marche sans éclairage est une fraction suffisante du temps total de trajet du train. Or, les nécessités de l'exploitation postale exigent de longs sta-

tionnements des wagons dans les gares — surtout dans les gares de départ. A la gare de Lyon, par exemple, les trains se forment vers 16 heures, les sacs de dépêches arrivent immédiatement, et les trains ne partent souvent que dans la soirée. On est conduit à munir les voitures de batteries de grande capacité (240 amp.-heures, — 150 en moyenne, sur les wagons de voyageurs). Mais le tout n'est pas d'avoir un grand réservoir, il faut encore pouvoir le remplir. Il y a le plus grand intérêt à munir les équipements de dynamos à grand débit (50 ampères au moins) et de batteries à charge très rapide. Le problème de l'éclairage électrique est donc lié très étroitement à la technique des accumulateurs en usage, au plomb ou au fer-nickel. Les accumulateurs au plomb ont pour eux leur bon rendement en quantité et en énergie, leur faible résistance intérieure, qui permet de leur demander un courant intense sans baisse appréciable de la tension dans le circuit ; de plus, à capacité et force électro-motrice égale, ils coûtent près de deux fois moins cher que les accumulateurs au fer-nickel. En revanche, ils vieillissent, c'est-à-dire qu'ils perdent de leur capacité, par le phénomène de la décharge intérieure, et exigent, à cause d'une sulfatation toujours possible, un entretien assez minutieux et la présence d'organes protecteurs spéciaux.

Les éléments au fer-nickel paraissent échapper à ces critiques. Mais, leur prix de revient est beaucoup plus élevé, à capacité et tension égale ; leur résistance intérieure est beaucoup plus grande, et la force électromotrice d'un élément ne dépasse pas 1,5 volt. Si on compte sur une moyenne de 1,2 volts, il faudra, pour obtenir 24 volts aux bornes, monter 20 éléments fer-nickel en série, au lieu de 11 ou 12 éléments au plomb.

Avant de passer à la description des divers équipements, notons encore qu'un point délicat est la fixation des bacs d'accumulateurs au wagon. Les bacs d'accumulateurs au plomb, en gummite, doivent être très soigneusement calés si l'on veut éviter qu'ils ne cassent. Ceci est tout particulièrement important dans le cas de wagons sans boggies.

Enfin, les génératrices employées sont toutes spécialement étudiées au point de vue robustesse et isolement. Suspendues

sous le wagon, elles sont entièrement cuirassées ; les dispositifs inverseurs, qui constituent des points faibles, à cause des fils de liaison souples que l'on peut être amené à employer, doivent être particulièrement soignés.

Nous diviserons les équipements en 2 classes : Systèmes à régulateur distinct de la dynamo, et systèmes à régulation interne. A la première catégorie appartiennent les systèmes Brown-Boveri, Dick et Vickers ; à la deuxième, les systèmes Stone-Lilliput, Leitner, et Etat E.V.R.

Système Brown-Boveri. — Ce système est en service sur les voitures du P.O. Il en existe deux modèles, l'un fonctionnant avec une batterie de 48 volts, l'autre, avec une batterie de 24 volts ; nous exposerons le principe du régulateur A_1 48, et nous décrirons avec plus de détails l'équipement C_2 24, modifié en 1921.

L'équipement comprend dans les 2 cas : une dynamo, une batterie d'accumulateurs, et un coffret de réglage.

Dynamo. — Elle est à 4 pôles, complètement cuirassée ; les balais sont fixes. On maintient aux bornes du circuit extérieur une polarité indépendante du sens de marche à l'aide d'un dispositif à encliquetage, commandant un inverseur. La dynamo est suspendue sous la voiture, et commandée par courroie Titan.

Batterie d'accumulateurs. — Elle est placée sous la voiture, et sa capacité est choisie de telle sorte qu'elle puisse assurer l'éclairage pendant 7 à 10 heures. Pour un wagon de voyageurs, ceci conduit à un type de batterie T.E.M. de 140 ampères-heure, en régime de 10 heures. Les wagons-poste sont équipés avec deux batteries P.O. en parallèle.

Coffret de réglage. — Il assure à la fois la régulation de la dynamo, la charge de la batterie, et la régulation de la tension aux bornes des lampes. Quand l'éclairage ne fonctionne pas (marche de jour), la charge de la batterie se fait suivant une caractéristique à tension croissante, courant décroissant.

Principe du régulateur. — La régulation de la tension et du courant d'une dynamo dont la vitesse est donnée, ne peut se faire que par insertion de résistances dans le circuit d'excitation

de la machine. Le régulateur commandera donc un rhéostat d'excitation. Or, à chaque point de la caractéristique de charge des batteries doit correspondre une position déterminée du régulateur (c'est-à-dire, une valeur donnée de la résistance du circuit d'excitation pour chaque vitesse de l'induit). Les forces qui agissent sur l'organe mobile du régulateur devront donc se faire équilibre, pour chaque valeur *réglée* de la tension, dans toutes les positions possibles de celui-ci. Le régulateur Brown-Boveri réalise cette condition comme suit : on oppose au couple électrodynamique agissant sur une bobine, susceptible de tourner autour de son axe, le couple de torsion d'un ressort spiral. Ce dernier couple est variable, puisque proportionnel à l'angle d'écart. La variation correspondante du coupe électrodynamique s'obtient en faisant tourner la bobine dans l'entrefer variable d'un système inducteur constitué par un noyau fixe central, de forme appropriée, et par deux épanouissements polaires prolongeant les noyaux des bobines inductrices. La bobine mobile, analogue à l'équipage mobile d'un voltmètre, montée sur un axe horizontal, doit vaincre, pour se déplacer dans le champ inducteur, le couple

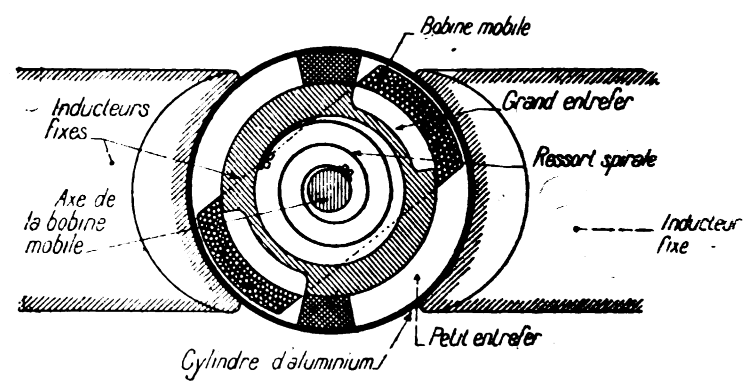


Figure 1. — Régulateur Brown-Boveri.

de torsion d'un ressort spiral, dont une extrémité est fixée au noyau central inducteur fixe, et l'autre, à l'équipage mobile. Soient $\Sigma n i$ les ampères-tours totaux de l'inducteur et

$$B_1 = \beta_1 \Sigma n i$$
$$B_2 = \beta_2 \Sigma n i$$

les inductions dans le grand et dans le petit entrefer, en supposant le fer loin de la saturation. Prenons les notations de la figure 2, et écrivons que le couple mécanique

$$\lambda + \mu\,(\theta - \theta_0)$$

dû à la tension du ressort, équilibre le couple électromagnétique total (somme des 2 couples produits par les ampères tours de la bobine mobile placés dans le grand et dans le petit entrefer).

Il vient, en appelant j le courant dans la bobine mobile, qui comporte N tours de fils :

$$(1)\quad \mathrm{K\,B_1\,N}\,\frac{\alpha - (\theta - \theta_0)}{\alpha}\,j + \mathrm{K\,B_2} \times \mathrm{N}\,\frac{\theta - \theta_0}{\alpha}\,j = \lambda + \mu\,(\theta - \theta_0)$$

Remplaçons B_1 et B_2 par leurs valeurs, posons :

$$\lambda' = \mathrm{K}\,\beta_1\,(j\,\Sigma\,n\,i) \times \mathrm{N} \quad \text{ou} \quad j\,\Sigma\,n\,i = \frac{\lambda'}{\mathrm{K}\,\beta_1\,\mathrm{N}}$$

et supposons que par construction, on ait fait :

$$\frac{\mu}{\lambda} = \frac{\beta_2 - \beta_1}{\alpha\,\beta_1}$$

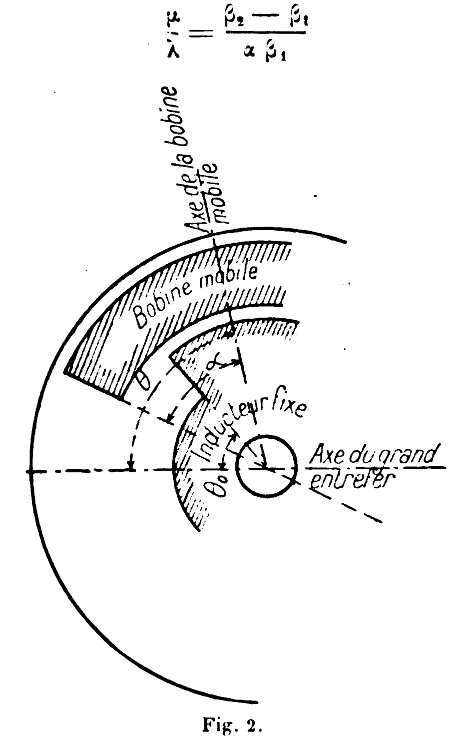


Fig. 2.

Remplaçons dans l'équation (1) et simplifions : il vient finalement :

$$\lambda' + \frac{\lambda'}{\lambda} \mu (\theta - \theta_0) = \lambda + \mu (\theta - \theta_0)$$

Si $\lambda = \lambda'$, ce qui se produit quand la position $\theta = \theta_0$ du système est une position d'équilibre, l'égalité précédente sera une identité, quel que soit θ. Toutes les positions de la bobine seront des positions d'équilibre indifférent. Chaque fois que la condition $\lambda = \lambda'$ n'est pas réalisée, la quantité $j \Sigma (n\ i)$ a une valeur différente de $\frac{\lambda}{K\beta_1\ N}$, la bobine se déplace. Si, dans cette rotation, elle fait varier la valeur des courants i et j, il pourra exister une position d'équilibre atteinte quand la condition

$$j \Sigma (n i) = \frac{\gamma}{K\ \beta_1\ N} = \text{constante, sera satisfaite.}$$

Un pareil système devra être amorti ; il n'atteindra en effet sa position d'équilibre que par oscillations. A cet effet la bobine entraîne un secteur vertical en aluminium, qui engrène avec un pignon relié à un disque d'aluminium par l'intermédiaire d'un accouplement élastique, destiné à éliminer l'action des vibrations de la courroie sur le régulateur. Le disque tourne, 10 à 15 fois plus vite que la bobine, dans le champ créé par 2 électro-aimants. Les courants de Foucault ainsi développés dans le disque créent un couple résistant proportionnel à la vitesse angulaire de celui-ci.

Adaptation aux équipements d'éclairage des trains. — *Régulateur* A_1 *18*. 1. *Marche de la dynamo à tension constante* (à vide, ou en période d'éclairage). — Les inducteurs portent 3 enroulements. Deux d'entre eux ne sont pas excités; le 3e M, en série avec la bobine mobile, est mis en dérivation aux bobines de la dynamo.

On a alors $i = j = \frac{V}{R}$ V — tension aux bornes de la dynamo.

R — résistance totale du circuit de réglage.

D'où $$j \times \Sigma (n i) = n_1 \frac{V^2}{R^2}$$

Mais nous avons vu plus haut que pour chaque position d'équilibre $j\,\Sigma\,(n\,i)$ reprenait la même valeur. La tension se maintient donc constante, quelle que soit la vitesse de la dynamo. Dans le régulateur A_1 48, la résistance totale du circuit de réglage peut prendre 2 valeurs différentes, correspondant respectivement à 68 volts et 49 volts aux bornes de la dynamo.

II. — *Charge de la batterie à tension croissante, courant décroissant.* — Le circuit de réglage précédent reste constamment parcouru par le courant *i*.

De plus (la dynamo étant couplée sur la batterie par un interrupteur automatique, et l'éclairage ne fonctionnant pas), un 2e enroulement inducteur, B, du régulateur, est parcouru par le courant de charge de la batterie, I_B. L'équation d'équilibre du régulateur est alors :

$$j\,\Sigma\,(n\,i) = \frac{V}{R}\left(n_1\,\frac{V}{R} + n_B\,I_B\right) = \text{constante} = \alpha$$

$$I_B = \frac{\alpha\,R}{n_B\,V} - \frac{n_1\,V}{n_B\,R}$$

Moyennant un choix convenable des coefficients, ceci permet d'obtenir pour I_B une valeur décroissante quand V croît (le réglage

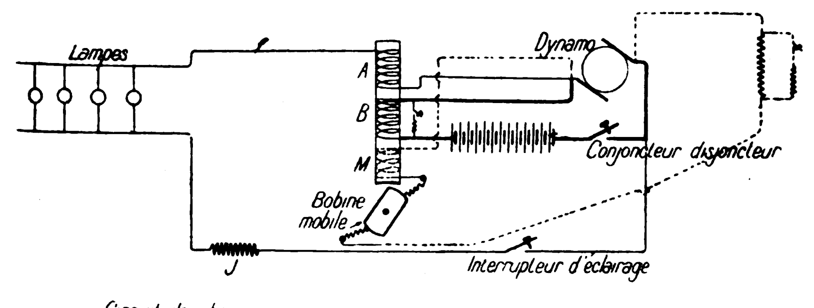


Fig. 3. — Système Brown-Boveri A,48. Schéma de principe.

étant toujours indépendant de la vitesse de la dynamo). On a, par exemple, pour un régulateur d'un modèle plus ancien étudié par le P.O. :

$n_1 = 2060$ $\qquad\qquad$ $\alpha = 1660$

$n_B = 40$ $\qquad\qquad$ $R = 77{,}2$ ohms.

D'où

$$I_B = \frac{3240}{V} - \frac{V}{1,5}$$

V volts	69,5	65	60	55	50	48
I_b ampères	0	6,4	14	21,9	31,5	34,2

En fin de charge (2,5 volts par élément), un électro-limiteur de charge est attiré, et ramène à $R' < R$ la résistance du circuit de réglage. On a alors $R' = 55,6$ ohms.

$$I_B = \frac{2300}{V} - \frac{V}{1.08}$$

V	52	50	48	volts
I_b	5	0	3,5	ampères

III. — *Marche pendant l'éclairage.*

A) En période de repos, la batterie alimente les lampes assurant ainsi l'éclairage.

B) Pendant la marche, la dynamo alimente en parallèle la batterie et les lampes ; l'enroulement B est court-circuité. Le courant de lumière traverse un 3e enroulement inducteur, dont l'action est démagnétisante. Ceci permet d'augmenter légèrement la tension aux bornes de la dynamo (proportionnellement à l'accroissement du courant d'éclairage) ; on assure ainsi une charge convenable de la batterie, quel que soit le débit dans le circuit d'utilisation. Pour que la tension aux bornes des lampes reste constante dans ces conditions, on provoque une chute de tension proportionnelle à l'intensité du courant de lumière, en faisant passer ce courant dans une résistance fixe.

Régulateur C_2 24. — a) *Marche sans éclairage.* — Dans ce système, modifié d'après les suggestions du P. O. et fonctionnant avec une batterie de 24 volts, l'enroulement B, au lieu d'être parcouru par le seul courant de charge, est traversé en tous temps par le courant total fourni par la dynamo (courant de charge + courant de réglage). On a alors :

$$\text{dans le premier cas } \frac{V}{R} \times (n_1 + n_B) \frac{V}{R} = \text{constante} = \alpha \quad (1)$$

dans le deuxième cas $\frac{V}{R} \times \left[n_1 \frac{V}{R} + n_B \left(\frac{V}{R} + I_B \right) \right] =$

$$= \text{constante} = \alpha \tag{2}$$

(en négligeant la chute de tension dans B).

Le principe du réglage reste le même. Seules, les constantes de construction des appareils seront modifiées.

On déduit de l'équation (2), qui peut s'écrire :

$$(n_1 + n_B) \frac{V^2}{R^2} = \alpha - n_B \frac{I \times V}{R},$$

que si le circuit de réglage, agissant seul, règle pour une tension V_0, cette valeur sera celle qu'atteindra la tension de batterie quand le courant de charge sera nul. La charge se fait donc à tension limitée. D'autre part, la dynamo est protégée contre toute surcharge.

b) *Marche avec éclairage et charge de la batterie.* — On a simplifié le réglage en supprimant l'enroulement démagnétisant. Quand l'éclairage fonctionne l'enroulement B est shunté par une résistance K; de la sorte, il n'est plus parcouru que par une portion du courant total. D'autre part, la résistance du circuit de réglage est maintenant telle que s'il agissait seul, la tension réglée serait de 2,3 volts par élément. C'est donc là, nous l'avons vu, la valeur limite de la tension de batterie. La tension aux bornes des lampes variera donc un peu avec les intensités du courant de charge et du courant d'éclairage. Mais ces variations seront faibles, et ne nuiront pas à la qualité de l'éclairage, puisque le shunt K intervient pour ne laisser agir sur le régulateur qu'une fraction des variations d'intensité du courant total.

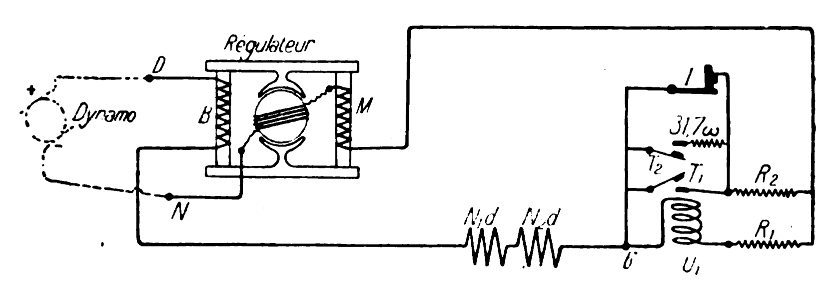


Fig. 4.

Il est maintenant possible d'analyser avec plus de détails le fonctionnement de l'équipement C_2 24. Nous distinguerons 4 circuits principaux, que nous décrirons, avant d'examiner la marche du système.

Description des circuits. — 1° *Circuit de réglage.* — Le réglage à tension constante se fait à 3 tensions différentes suivant la valeur de la résistance mise en parallèle avec R_1. La mise en parallèle peut être effectuée à l'aide de l'un quelconque des 3 interrupteurs automatiques I, T_1, T_2. I est un

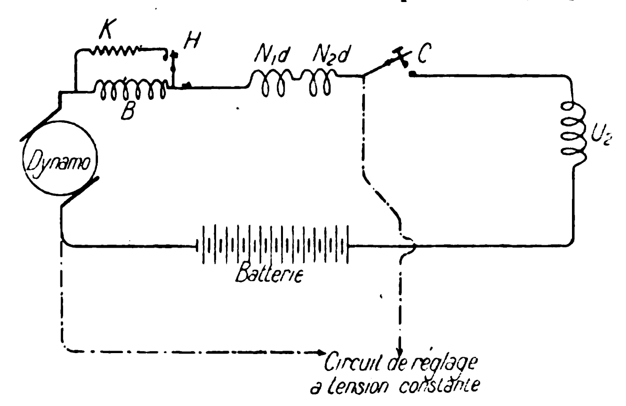


Fig. 5.

contact auxiliaire commandé par l'interrupteur principal C, qui couple la batterie sur la dynamo, quand la tension de cette dernière atteint un peu plus de 24 volts. T_1 est commandé par le relais limiteur de charge, U à 2 enroulements ; T_2, par le relais de lumière L, porté par le même noyau que U, et par U agissant simultanément.

2° *Circuit de charge de la batterie.* — a) *Charge sans éclairage.* — L'interrupteur principal C, en même temps qu'il rompt le contact I, couple la dynamo sur la batterie. Le courant de charge traverse l'enroulement U_2 du limiteur de charge.

b) *Charge avec éclairage.* — Le relais L, en même temps qu'il ferme le contact T_2, ferme aussi le contact H, shuntant ainsi l'enroulement B par la résistance K.

3° *Circuit de lumière.* — a) *A l'arrêt.* — Le schéma ci-dessus (position de la figure) montre que le courant de lumière traverse, en série, l'enroulement U_2 du limiteur de charge, et le relais

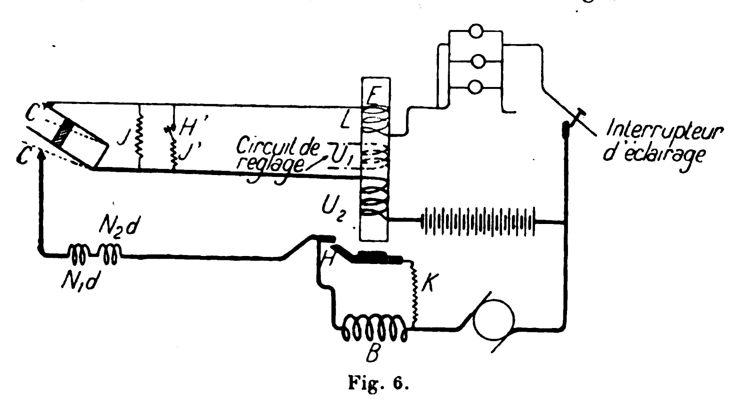


Fig. 6.

de lumière, L. En conséquence, l'électro attire complètement son armature, ferme T_2 (qui met $R_2 + R'$ en parallèle avec R_1), et ouvre T_1. En même temps, les résistances J et J′ sont court-circuitées par C′.

b) *En marche.* — Le circuit des lampes est le même, à cela près que J et J′ ne sont plus court-circuitées. L'interrupteur C a couplé la batterie et les lampes sur la dynamo. B est shunté par la résistance K, puisque l'électro E a attiré son armature.

4° *Circuit d'excitation de la dynamo.* — Le rhéostat d'excitation est en série avec les inducteurs. Il est commandé par la bobine mobile du régulateur. A cet effet, le secteur vertical solidaire de la bobine porte, au-dessous de son centre d'oscillation,

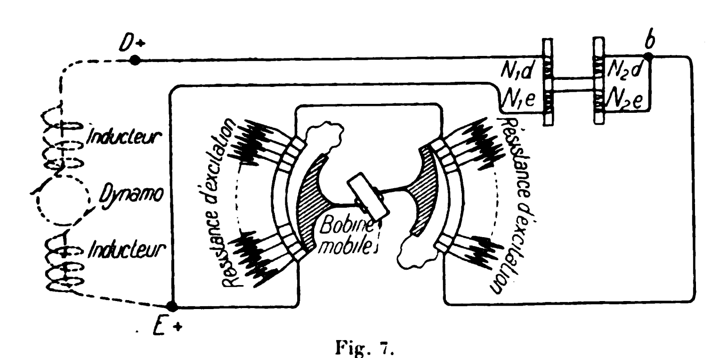


Fig. 7.

deux ressorts à lame, portant chacun à leur extrémité libre une petite crapaudine dans laquelle pénètre une pointe d'acier, solidaire d'un secteur de contact. Le secteur dont la tranche est argentée, roule sur des plots reliés aux résistances d'excitation, et peut ainsi en court-circuiter tout ou partie. Il y a 35 de ces plots.

Aux bornes du rhéostat d'excitation sont branchés les enroulements d'amortissement N_1e, N_2e, qui sont ainsi parcourus par une fraction du courant d'excitation d'autant plus importante que le déplacement de la bobine est lui-même plus important.

5° *Commande de l'interrupteur principal C (et des contacts C' et I).* — L'enclenchement de l'interrupteur C est assuré par un électro portant 3 enroulements ;

a) l'enroulement P_1 assure le fonctionnement de l'électro. Il est connecté aux bornes de la résistance 2 du groupe de contact droit du rhéostat d'excitation (Voir schéma général) ;

b) l'enroulement d'amortissement N_1e ;

c) l'enroulement N_1d est parcouru par le courant total débité par la dynamo et maintient l'interrupteur C enclenché même si la bobine mobile revient à sa position de repos (ce qui a pour effet de mettre hors circuit la résistance 2). Il assure, de plus, le déclenchement de C à l'arrêt du train. Quand la vitesse a en effet suffisamment diminué pour que l'action régulatrice de la bobine mobile ne puisse plus s'exercer (le couple électromagnétique étant trop faible pour amener un déplacement suffisant), la tension de dynamo devient inférieure à la tension de batterie, et il passe un courant de retour, démagnétisant, dans l'enroulement N_1d.

La commande du contact H' (destiné à mettre J' hors circuit) est faite par un électro analogue (enroulements P_2, N_2d, N_2e), l'enroulement P_2 étant connecté aux bornes de la résistance 5 du groupe de contact droit.

6° *Limiteur de charge U.* — Nous avons vu qu'il possédait deux enroulements, U_1 et U_2, l'un étant démagnétisant par rapport à l'autre. U_1 est parcouru par le courant de réglage, pro-

portionnel à la tension aux bornes de la dynamo, U_2, par le courant de charge de la batterie. L'électro U doit attirer son armature quand la tension de batterie atteint 2,5 volts par élément, le courant de charge ayant de son côté une valeur déterminée par la caractéristique de charge. Le rôle de l'enroulement démagnétisant est d'assurer la charge de la batterie en cas de sulfatation. En effet si le courant de charge prend une valeur trop élevée, les ampères-tours totaux deviennent trop faibles pour faire fonctionner le relais. Celui-ci ne pourra attirer son armature que si la tension aux bornes de U_1 augmente en conséquence. De la sorte, la tension maxima de charge est fonction de la résistance intérieure de la batterie.

Fonctionnement de l'équipement. — a) *Marche de jour (sans éclairage).* — Au repos, I est enclenché T_1, T_2, C H' H S sont ouverts. Tant que la vitesse du train reste inférieure à 25 kms à l'heure, le couple électromagnétique ne peut faire tourner la bobine du régulateur, la tension de la dynamo monte progressivement à 25 volts. A ce moment, le régulateur insère les résistances 2 dans le circuit d'excitation, le contact I s'ouvre, et C couple dynamo et batterie. Pendant le temps qui sépare ces 2 opérations, la dynamo marche à vide, son circuit de réglage étant disposé pour régler à une tension plus élevée que 25 volts ; mais ce temps est trop court pour qu'il se produise une augmentation sensible de la tension de la dynamo. Immédiatement après le couplage, I étant ouvert, la résistance du circuit de réglage est passée de $\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ à R_1, elle a augmenté, la bobine mobile est revenue au repos. C reste cependant enclenché, grâce au léger courant de charge qui circule dans l'enroulement $N_1 d$. Le régulateur obéit alors à l'action combinée des enroulements M et B. Dès que le courant de charge a atteint une valeur suffisante, par suite de l'augmentation de vitesse du train, on se trouve dans les conditions du réglage à tension croissante, courant décroissant. Quand la tension de batterie atteint 2,5 volts par élément (30 volts) le limiteur U fonctionne, et met R_2 en paral-

lèle avec R_1 par l'attraction *partielle* de son armature (Fermeture de T_1, T_2 restant ouvert). La résistance du circuit de réglage diminue, la charge est terminée, la tension de dynamo se maintient pratiquement constante, quelle que soit la vitesse, et égale à celle de la batterie au repos.

b) *Marche avec éclairage.*

Au repos, l'éclairage est assuré par la batterie, les circuits sont préparés pour le fonctionnement en marche, car L a attiré son armature *complètement*, ouvert T_1 et fermé T_2 et H, shuntant B par la résistance K.

En marche. — Le train démarre, et quand sa vitesse atteint 25 km., C se ferme et rompt le court-circuit des résistances J et J′ (ouverture de C′). D'où une chute de tension aux bornes des lampes; la vitesse de la dynamo continuant à croître, la tension aux bornes de la dynamo croît jusqu'à ce que le régulateur entre en action. Celui-ci, pour établir le régime analysé plus haut, insère des résistances dans le circuit d'excitation de la dynamo à mesure qu'augmente la vitesse. Aux bornes de la 5e résistance d'excitation est branché l'enroulement P_2 de l'interrupteur C′, qui s'excite et met hors circuit J′. La résistance J, seule parcourue par le courant d'éclairage, assure à la tension aux bornes des lampes une valeur normale.

A l'arrêt, les mêmes phénomènes se reproduisent en sens inverse. C′ déclenche le premier, quand la 5e résistance d'excitation est court-circuitée; puis le courant de charge tombe à une valeur négligeable, et C déclenche, sous l'influence d'un léger courant de retour de la batterie.

Système Dick E. V. R. — Les voitures à voyageurs du P.-L.-M., de la Compagnie Internationale des wagons-lits, de la banlieue de l'Est, certains wagons-postes du P.-L.-M., portent des équipements Dick E. V. R., montés par la Société « l'Éclairage des véhicules sur rails ». Un équipement comprend :

1° Une dynamo shunt bipolaire, complètement cuirassée, dont la couronne porte-balais est mobile entre 2 butées. Entraînée par la pression des balais sur le collecteur, cette couronne effec-

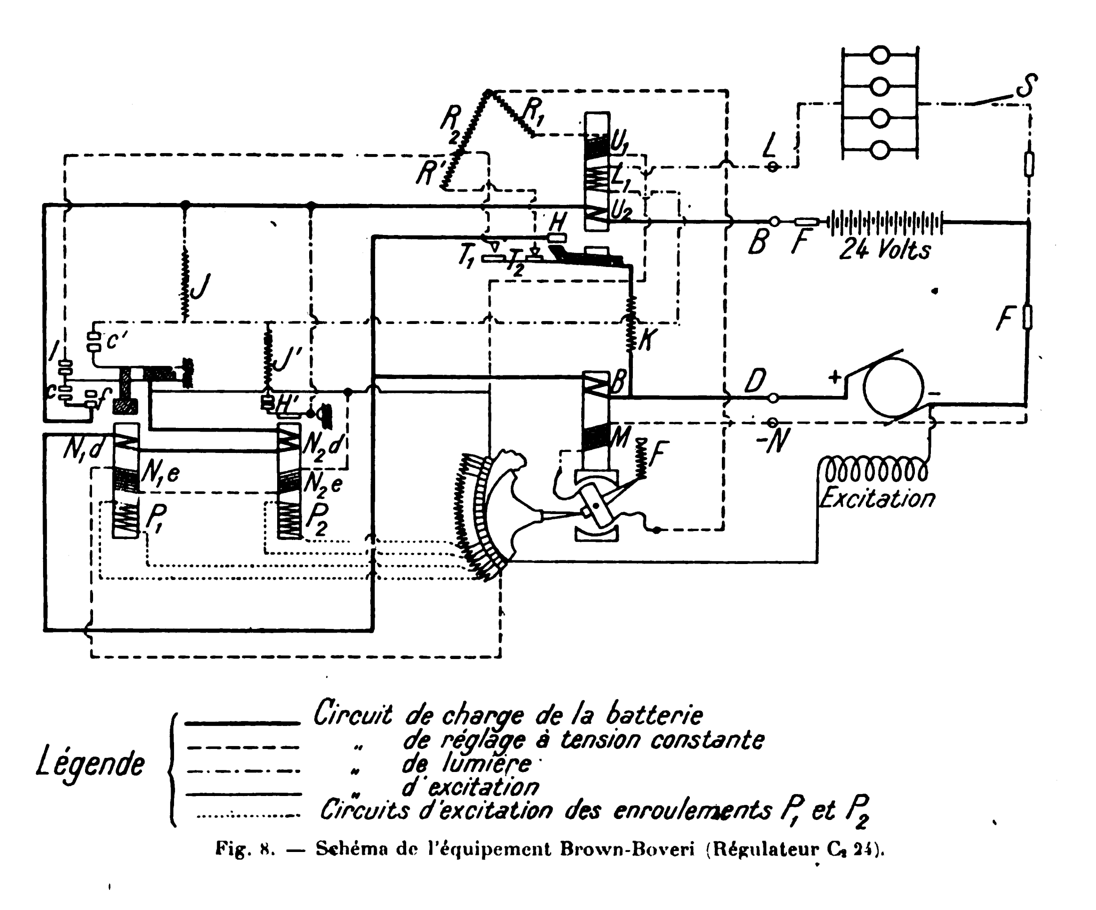


Fig. 8. — Schéma de l'équipement Brown-Boveri (Régulateur C₂ 24).

tue, à chaque changement de sens de rotation, un déplacement angulaire d'un peu plus de 90°, assurant ainsi à la dynamo une polarité invariable sur le circuit extérieur. La dynamo est suspendue au boggie, le mouvement de l'essieu lui étant renvoyé par une courroie tendue par son propre poids ;

2° Une batterie d'accumulateurs (type Tudor, sur le P.-L.-M.) de 240 ampères-heure ;

3° Un régulateur unique, chargé de régler la charge de la batterie, et la tension aux bornes des lampes ;

4° Un conjoncteur-disjoncteur, mettant automatiquement la dynamo dans le circuit, ou l'en retirant automatiquement.

Principes de fonctionnement. — Le fonctionnement de l'équipement est basé sur les considérations suivantes :

a) A tension constante, les courants initiaux de charge d'une batterie varient dans de faibles limites quand la tension de charge reste comprise entre 2,1 et 2,45 volts par élément. Pour éviter des surcharges de la batterie, la tension limite ne doit pas dépasser sensiblement 2,45 volts par élément (voir plus loin les courbes de M. Dick) ;

b) La charge de la batterie se fait à tension croissante, courant décroisssant, la caractéristique de charge étant naturellement indépendante de la vitesse du train ;

c) L'intensité lumineuse d'une lampe à filament métallique peut être considérée comme pratiquement constante, quand la tension de fonctionnement varie de 8 à 10 % de part et d'autre de la tension normale, à condition que ces variations soient lentes et continues. Un pareil emploi des lampes ne diminue pas leur durée de « vie ». Ceci tient à ce que la résistance des filaments croît avec la température ; on peut donc considérer que le courant qui les traverse reste constant quand la tension varie dans de faibles limites. En employant des lampes calibrées à 26 volts, la tension à leurs bornes pourra varier de 24 à 28 volts. La tension limite de charge d'une batterie de 12 éléments, *en période d'éclairage*, ne devra donc pas dépasser 2,3 volts par élément ($2,3 \times 12 = 27,6$ volts). L'expérience

montre qu'une batterie, soumise à des décharges fréquentes, et de durée variable, peut être facilement rechargée sous cette ten-

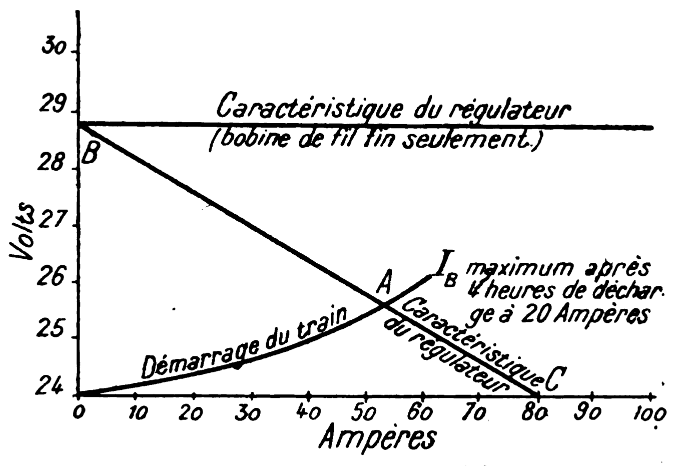


Fig. 9ᵃ. — Diagramme de fonctionnement des appareils pendant la marche sans éclairage.

sion, à condition que la tension limite de charge puisse atteindre, par moments, 2,45 volts par élément. Or, il n'y a

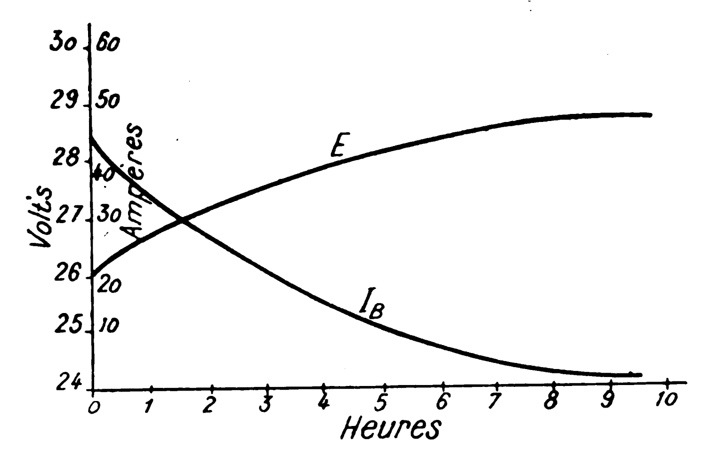


Fig. 9ᵇ. — Diagramme de charge de la batterie dans le cas de la figure.

aucun inconvénient à ce qu'il en soit ainsi quand l'éclairage ne fonctionne pas (marche de jour).

d) Enfin, l'éclairage doit pouvoir être assuré au besoin par la dynamo seule.

Diagrammes de fonctionnement. — Les diagrammes ci-joints illustrent la théorie du fonctionnement de l'équipement.

1° *Marche sans éclairage* (figure 9ᵃ). — B C est la caractéris-

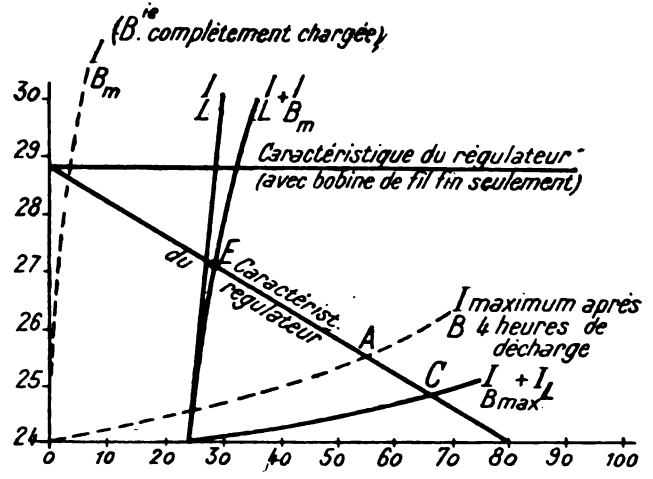


Fig. 10ᵃ. — Diagramme de fonctionnement des appareils pendant la marche avec éclairage.

tique de charge que l'on imposera au régulateur, le point C étant déterminé par la courbe du courant de charge de début de la batterie. Au démarrage, le conjoncteur s'enclenche dès que la tension de la dynamo atteint une valeur correspondante à

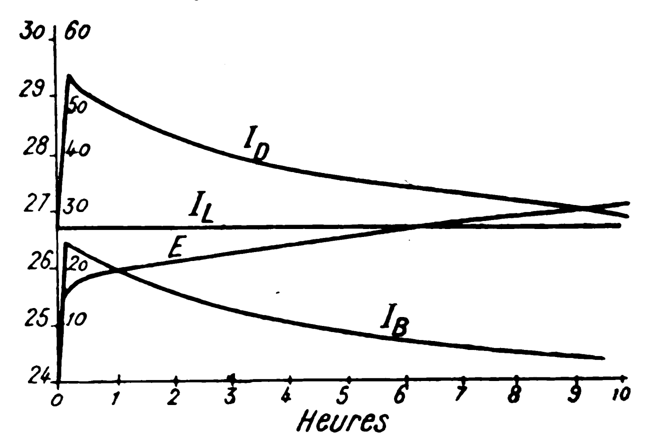


Fig. 10ᵇ. — Diagramme de charge de la batterie dans le cas de la figure.

2 volts par élément de la batterie. La vitesse croissant, tension et

courant de charge croissent jusqu'au point représentatif A. A ce moment, le régulateur commence à agir, et règle, pour toutes les vitesses, suivant la caractéristique B C ;

2° *Marche avec éclairage.* — Le courant de lumière est figuré en fonction de la tension par la ligne I_L. D'autre part, la courbe I_{Bm} représente le courant de charge minimum, la batterie étant complètement chargée. La courbe de $(I_{Bm} + I_L)$ en fonction de la tension rencontre en E la caractéristique du régulateur. Ajoutons de même, pour chaque valeur de la tension aux bornes de la dynamo, les courants d'éclairage I_L et de démarrage I_D, nous obtenons le point C, à partir duquel le régulateur commencera à agir, la charge se faisant jusqu'au point E. La variation de tension qui se produit au démarrage est progressive. Il en résulte que la variation d'intensité lumineuse correspondante n'est pas appréciable.

Il reste à étudier le régulateur et le conjoncteur-disjoncteur :

Description de l'équipement. — A) *Régulateur.* — C'est un électro-aimant vertical à longue course, dont le noyau de fer doux est prolongé par une tige isolante plongeant dans un réservoir cylindrique à mercure. Ce réservoir est constitué par des disques en fer, de faible épaisseur, superposés et séparés les uns des autres par des disques isolants de même diamètre. Les disques de fer sont réunis aux différents points de la résistance d'excitation, et forment un ensemble rigide. Sur le noyau agissent 2 enroulements :

1° Un enroulement étagé en fil fin, branché aux bornes de la dynamo. Le courant qui y circule maintient constante à toutes vitesses la tension aux bornes de la dynamo (2,45 volts par élément), cela grâce à la tige isolante, qui, plongeant plus ou moins profondément dans le mercure, suivant l'attraction exercée sur le noyau, court-circuite une portion plus ou moins grande de la résistance d'excitation.

L'enroulement et la forme du noyau sont déterminés par la condition suivante : le régulateur doit être en équilibre indiffé-

rent quelle que soit la position du plongeur, pour toutes valeurs de la tension réglée. Soit φ le poids du noyau ; Z, la force magnétique d'attraction du solénoïde, G la création du mercure sur le noyau. Il faut que l'on ait toujours : $Z = Q - G$ pour toute valeur de la tension réglée ;

2° Un enroulement parcouru par le courant total de la batterie. Il permet de faire varier la tension aux bornes de la dynamo en raison inverse du débit, pendant la charge, par le jeu des résistances d'excitation ;

3° En série avec l'enroulement à fil fin du solénoïde est placée une résistance étalon L. Une partie de cette résistance sert à régler rapidement l'appareil pour la tension voulue. L'autre partie est mise en court-circuit par l'interrupteur d'éclairage V. Quand elle n'est pas court-circuitée (charge sans éclairage), la tension limite atteinte par la dynamo réglée, en fin de charge, est de 29,5 volts (2,45 volts par élément). Quand elle est court-circuitée, cette tension tombe à 28 volts (2,33 volts par élément) toutes lampes éteintes ; à 27 volts (2,25 volts) toutes lampes allumées. Ainsi se trouvent réalisés les principes énoncés plus haut. Il est maintenant facile de comprendre le fonctionnement de l'équipement, et la substitution progressive de l'éclairage par dynamo à l'éclairage par batterie, et inversement. On voit

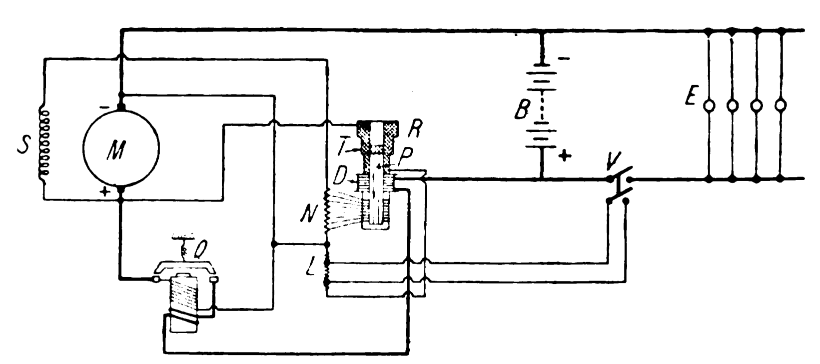


Fig. 11. — Système « Dick E. V. R. » schéma de principe. — M. Dynamo. — S. Bobines inductrices. — R. Régulateur. — N. Résistance de réglage. — T. Enroulement shunt du régulateur. — D. Enroulement série. — P. Noyau du régulateur. — V. Interrupteur général à double direction. — E. Lampes. — Q. Conjoncteur-Disjoncteur. — L. Résistance en série avec l'enroulement shunt du régulateur. — B. Batterie.

aussi qu'en cas de rupture d'une connexion de la batterie, la dynamo alimente directement les lampes à tension constante (enroulement fil fin du régulateur).

B) *Conjoncteur-disjoncteur E. V. R.* — Il assure le couplage de la dynamo sur la batterie. Il se compose d'un électro-aimant, et d'un levier portant les pièces de contact. Un enroulement shunt, connecté aux bornes de la dynamo, attire l'armature aussitôt que la tension aux bornes de la dynamo dépasse légèrement 2 volts par élément. Le circuit de charge de la batterie est ainsi fermé, et le courant de charge circule dans l'enroulement série, qui renforce l'attraction de l'enroulement shunt. Un ressort rompt les contacts de l'armature aussitôt que la tension baisse au-dessous de la valeur prescrite. Un dispositif de compensation permet à l'appareil de déclencher à la même tension à laquelle il enclenche. La force nécessaire au maintien de l'armature en position de couplage est en effet bien

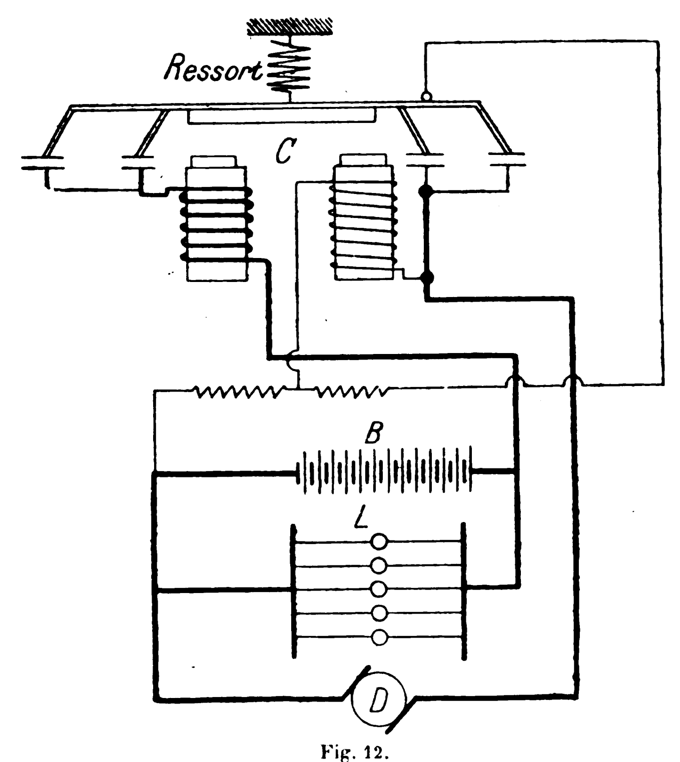


Fig. 12.

inférieure à celle que l'électro doit développer pour produire l'enclenchement, l'entrefer ayant diminué. Il en résulte que si l'appareil comprenait uniquement les 2 enroulements précédents, le déclenchement ne pourrait se produire que par suite du passage dans l'enroulement série d'un courant démagnétisant par rapport à celui de l'enroulement shunt. Ceci ne pourrait avoir lieu que si la tension de la batterie devenait supérieure à la tension de la dynamo; l'appareil déclencherait pour une tension inférieure à la tension d'enclenchement. On évite cet inconvénient en shuntant l'enroulement fil fin au moment de l'enclenchement, suivant le schéma de la figure 12. La présence de pare-étincelles en charbon montés sur lame flexible permet de laisser la bobine fil fin shuntée un instant après le déclenchement; on évite ainsi un pompage possible de l'appareil.

Système Vickers. — Ce système (1) qui fonctionne sur divers réseaux anglais, a été adopté en France par la Compagnie du Midi. L'équipement comprend :

1° Une dynamo shunt de 50-75 ampères, suspendue par 2 bras à un axe placé sous le châssis de la voiture. C'est une machine à 4 pôles. La courroie qui transmet le mouvement de l'essieu, est tendue par le poids de la dynamo, et par des ressorts. Les balais de la dynamo peuvent tourner automatiquement de 110°, quand le sens de marche du train s'inverse. La machine est complètement cuirassée;

2° Une batterie d'accumulateurs au plomb de 24 volts, 240 ampères-heures (batterie de construction italienne);

3° Un régulateur de tension aux bornes de la dynamo;

4° Un régulateur de tension aux bornes des lampes. Jusqu'à présent, le régulateur de la dynamo était (sur les voitures de la Compagnie du Midi), un régulateur Midget, à contact vibrant. On remplace progressivement cet appareil par un régulateur Standard à plongeur.

---

(1) *Génie civil*, 13 déc. 1913.

Équipement Standard-série. — *Régulateur Standard.* — Il permet la charge de la batterie à courant constant, quand l'éclairage ne fonctionne pas. Quand les lampes sont allumées, on peut maintenir constant le courant de charge seul, ou le courant total, ou la somme du courant de charge, et d'une fraction quelconque du courant d'éclairage, suivant la disposition de l'appareil.

Circuit de charge. — Le réglage est assuré par un électro, dont l'enroulement est placé en série dans le circuit dynamo-batterie. Le noyau de l'aimant commande un commutateur *c*, sorte d'archet incurvé en cuivre, qui se déplace en roulant sur une surface formée de fines lames accolées, et séparées par

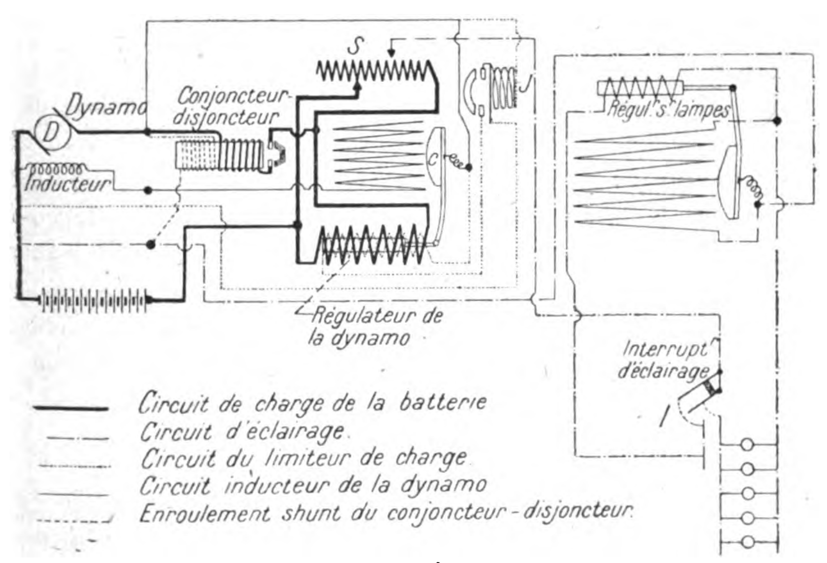


Fig. 13. — Système Vickers. Équipement Standard-série.

des lames isolantes. Aux lames de cuivre sont connectées les différentes portions de la résistance d'excitation de la dynamo. A cause de la finesse des lames de contact, et du grand rayon de l'archet, la régulation est très précise. Un dash-pot à air amortit les mouvements du noyau. Aux mouvements du noyau, corrélatifs d'une variation du courant de charge de la batterie

ou d'une variation de la vitesse du train, correspondent donc des variations de la résistance du circuit inducteur de la dynamo. Les variations de tension correspondantes aux bornes de la machine permettent de maintenir constante la partie du courant qui traverse l'électro de réglage, c'est-à-dire le courant de charge de la batterie. Le calcul de la forme du noyau et de l'enroulement inducteur est conduit de manière à assurer l'équilibre indifférent du noyau, chaque fois que le courant de charge prend sa valeur de régime.

Un shunt réglable S, constitué par une bobine de gros fil sur le long de laquelle se déplacent des contacts, permet de fixer l'intensité du courant de charge à une valeur convenable, dépendant du nombre des lampes en service.

Circuit d'éclairage. — Il est connecté, d'une part entre batterie et dynamo, d'autre part, à un deuxième contact mobile du shunt réglable S. Il est facile de voir que si ce contact se trouve à l'extrémité du shunt où est connectée la dynamo, le courant de charge de la batterie aura une valeur constante, indépendante de l'intensité du courant d'éclairage qui variera suivant la demande. Si le contact mobile se trouve à l'extrémité opposée du shunt, on maintiendra au contraire constant le débit total de la dynamo. Pour des positions intermédiaires du contact mobile, une fraction du débit total sera maintenue constante, ce réglage étant indépendant de la vitesse du train.

Limiteur de charge. — La charge se faisant à courant constant, l'appareil sera muni d'un limiteur, qui transforme, en fin de charge, le réglage à courant constant en réglage à tension constante. A cet effet, un électro J, connecté aux bornes de la dynamo, attire son armature au moment où la tension aux bornes atteint la valeur maxima admissible, et dérive ainsi dans un 2e enroulement à fil fin, de l'électro de réglage, une partie du courant. L'enroulement shunt, ajoutant son action à celle de l'enroulement série, des résistances sont introduites dans le circuit d'excitation, et le courant de charge tombe à une valeur négligeable. A l'arrêt, ou

quand la tension de batterie baisse, l'interrupteur J s'ouvre à nouveau.

Conjoncteur-Disjoncteur. — Le couplage de la dynamo sur la batterie est effectué par un conjoncteur-disjoncteur à 2 enroulements. La bobine shunt provoque la fermeture du circuit de charge dès que la f. e. m. de la dynamo atteint une valeur suffisante. La bobine série renforce l'action de la première aussitôt que l'armature a été attirée, l'ouverture du conjoncteur a lieu, au ralentissement du train, par l'effet d'un léger courant de retour, démagnétisant, de la batterie.

Régulateur de tension aux bornes des lampes. — Il est tout à fait analogue au régulateur de la dynamo ; sur l'électro-aimant de réglage agit la tension aux bornes du circuit des lampes. Le mouvement du noyau est régularisé par un ressort. D'après M. Guérin, la tension est maintenue constante à 0,3 volt près. Un contact, porté par le commutateur des lampes, permet la mise hors circuit du régulateur d'éclairage, ceci pour éviter la décharge de la batterie, et pour faciliter la charge, quand il n'y a aucune demande de lumière.

Équipement Standard compound.

L'équipement compound permet la charge de la batterie à tension constante. Il diffère du précédent sur les points suivants : L'enroulement fil fin du régulateur de la dynamo est constamment en service, et c'est son action, combinée à celle de l'enroulement série, qui maintient constante la tension aux bornes de la dynamo. Pour obtenir ce résultat, on shunte par une résistance fixe les contacts du limiteur de charge. Quand ce dernier attire son armature, il court-circuite cette résistance, ce qui augmente l'intensité du courant qui traverse l'enroulement shunt du régulateur, et provoque ainsi l'arrêt de la charge.

(*A suivre.*)



LE SERVICE TÉLÉGRAPHIQUE EN ANGLETERRE[1]

Trafic entre Central et succursales. — L'échange des télégrammes entre les bureaux succursales et le Central de Londres est effectué :

par tubes pneumatiques,
par fils desservis au sounder,
par circuits téléphoniques.

Les bureaux situés dans un rayon de deux milles (environ 3 km.500) autour du Central sont seuls desservis par tubes; ils sont, en outre, reliés au multiple.

Hors de cette zone, les bureaux importants possèdent plusieurs fils pour l'écoulement de leur trafic ; les uns reliés au multiple, les autres directs, c'est-à-dire rattachés en permanence à un poste Morse-sounder et non à un tableau commutateur.

Les bureaux à trafic moins fort ne disposent pas de fils directs, tous leurs fils sont reliés au multiple ; ils peuvent ainsi être mis en communication directe soit avec un autre bureau succursale de Londres, soit avec un poste local du central, si les télégrammes sont à destination d'une autre ville de l'intérieur ou de l'étranger. Sur ce point particulier, l'organisation est la même que celle de nos bureaux parisiens reliés au multiple.

Enfin il existe une grande quantité de petits bureaux qui ne possèdent ni tubes, ni fils télégraphiques, et qui acheminent leurs télégrammes sur le Central par voie téléphonique.

Le trafic journalier moyen des succursales avec le Central peut être évalué à 50.000 télégrammes, dont les délais de transmission varient entre 5 et 20 minutes.

A Paris, le trafic journalier du Central avec les succursales est en moyenne de 38.000 télégrammes et les délais d'acheminement s'étendent de 5 minutes à une heure.

---

(1) Extraits d'un rapport de mission de MM. Raynal, directeur, Jacob, ingénieur et Mercy, inspecteur des Postes et Télégraphes.



La rapidité d'acheminement du trafic londonien est due à différentes causes :

1° Le nombre de succursales, 558 à Londres et de 120 à Paris. On voit que les trafics des deux centres sont dans le raprort de 1,31 à 1 alors que les nombres de succursales sont dans le rapport de 4,6 à 1, l'acheminement des messages sur le Central se fait plus rapidement puisque les lignes sont moins chargées.

2° Les lignes télégraphiques sont nombreuses et le personnel très exercé. On n'envoie jamais de débutant télégraphiste dans les petits bureaux : il faut, au préalable, avoir fait ses preuves de télégraphiste habile dans un centre avant d'être admis dans les bureaux à personnel restreint. Il est facile de concevoir, en effet, que la qualité des opérateurs doit racheter la faiblesse de leur effectif.

Dans un bureau important, tête de district (South-West-End) non relié par tubes, le nombre des télégrammes transmis et reçus journellement n'est que de 650, et cependant ce poste possède avec le Central 8 lignes desservies au sounder (4 au multiple et 4 directes) et dispose de morsistes très habiles. Les chiffres cités donnent une moyenne de 82 télégrammes par ligne.

3° L'usage des tubes pneumatiques est limité à un rayon de 3 k.500 autour du Central et les lignes sont directes pour la plupart (19 sur 27), les autres, c'est-à-dire 8, ne comportant qu'un seul poste intermédiaire. La durée du trajet par tube, dans ces conditions, est très réduite et ne dépasse pas dix minutes.

4° Enfin 291 sub-offices emploient le téléphone pour transmettre leurs télégrammes au Central.

Télégrammes téléphonés. — Les abonnés au téléphone qui ont déposé une provision peuvent téléphoner au Central des correspondances destinées à être transmises ultérieurement, par télégraphe, à la ville destinataire. Indépendamment de la taxe télégraphique, l'abonné doit acquitter la taxe ordinaire d'un appel téléphonique, soit pences.

Les abonnés possédant une adresse enregistrée peuvent, sur leur demande, recevoir communication téléphonique de tout télégramme, sauf des télégrammes de presse arrivant à leur adresse.

Après transmission téléphonique, le message est remis au service postal et traité comme lettre.

Aucune taxe n'est appliquée du fait de la transmission téléphonique ; mais, si l'abonné désire que le télégramme lui soit remis par messager, une taxe d'exprès est perçue.

Cette taxe est de 6 pences, si la distribution est effectuée par un facteur du bureau succursale desservant la circonscription de l'abonné, quelle que soit la distance à parcourir : si la distribution doit être faite par un autre bureau, la taxe est de 6 pences par mille (1.609 mètres) ou fraction de mille.

Quand un télégramme destiné à un abonné à la communication par téléphone doit être, par exception, distribué comme le télégramme ordinaire, sans transmission téléphonique préalable, il doit porter, avant l'adresse, la mention taxée : « private » (privé, particulier).

Même si l'abonné n'a pas fait de demande spéciale pour que ses télégrammes lui soient délivrés par téléphone, ces correspondances seront acheminées par cette voie si l'adresse porte le nom du central téléphonique et le numéro de l'abonné.

Lettres-télégrammes de fin de semaine. — Les télégrammes-lettres du samedi après-midi peuvent être échangés à tarif réduit avec l'Australie, la Nouvelle-Zélande et certaines îles du Pacifique par la voie du câble Impérial. Les télégrammes-lettres du samedi après-midi doivent être envoyées de façon à atteindre le Central télégraphique de Londres au plus tard dans la nuit de samedi, de façon que leur transmission puisse avoir lieu avant la fin de la semaine.

Les télégrammes de fin de semaine doivent être rédigés en langage clair. Ils peuvent être écrits en anglais ou en français. En cas de pays différents, d'autres langues peuvent être utilisées. Les pays sont indiqués dans la table des tarifs. On ne peut employer qu'une seule langue dans le même télégramme. Ils doivent porter l'indication « TWT ».

Les réponses payées et les répétitions se rapportant à ces télégrammes sont taxées au plein tarif ordinaire.

Lettres-télégrammes de nuit. — Les lettres-télégrammes de nuit peuvent être envoyées entre deux villes dans lesquelles l'office supérieur des télégraphes est ouvert en permanence ; elles sont remises à la première distribution postale du lendemain.

Les télégrammes de nuit ne sont pas délivrés le dimanche. Le prix est de 1 shilling pour 36 mots ou moins, et 1 penny pour chaque 3 mots au-dessus de 36 mots.

Ils doivent être en langage clair, être écrits sur des formules spéciales et le montant acquitté en timbres-postes. Ils peuvent être téléphonés au Central avant minuit, ou envoyés par poste, de façon à arriver avant minuit ; ils ne doivent pas comporter d'adresses multiples ; les adresses enregistrées ne sont pas acceptées.

Lettres téléphonées. — Les abonnés au téléphone peuvent expédier des messages par cette voie, à un grand nombre de bureaux pouvant être atteints par le réseau urbain où par l'interurbain. Ces correspondances sont enregistrées au bureau et expédiées soit comme lettres ordinaires, soit comme lettres par exprès. De même, le public peut dicter des correspondances de tout bureau où les appels interurbains sont acceptés.

Ces lettres sont distribuées par messager seulement pendant les heures d'ouverture du télégraphe (dimanche excepté) et hors du district postal de Londres.

Indépendamment de la taxe téléphonique suivant la distance et la durée de la communication, une lettre exprès, téléphonée à un bureau de poste, est taxée comme lettre exprès ordinaire, si elle ne contient pas plus de 30 mots, y compris l'adresse. Au-dessus de ce chiffre, tout groupe de 30 mots ou fraction de groupe est taxé comme une ou plusieurs lettres par exprès. La taxe d'exprès est de 6 pences, si le message est distribué par le bureau dont dépend le domicile du destinataire, et de 6 pences par mille (1.609 m.) si c'est un autre bureau qui est désigné par l'expéditeur pour la distribution.

Les lettres ordinaires peuvent être également téléphonées pour l'acheminement local, moyennant une surtaxe de 2 pences par 30 mots ou fraction de 30 mots, plus la taxe téléphonique, dont l'importance varie suivant la distance du trajet par téléphone et la durée de la communication.

Appareils. — Le sounder et le Wheatsone sont surtout utilisés. Les montages en duplex et même en quadruplex sont très employés *grâce à la stabilité des conducteurs souterrains.*

Les appareils imprimeurs, existant surtout dans la section de l'étranger, sont de types connus : Baudot, Murray, Western, Creed, Siemens. Les traducteurs Creed sont électriques et peuvent ainsi fonctionner jusqu'à la vitesse de 120 mots à la minute.

Pour les appareils desservis par bandes perforées, il n'y a pas d'ateliers spéciaux de perforation. La perforatrice est placée à côté de l'appareil à desservir.

Toutefois, pour le service de presse, il existe un groupement de perforatrices indépendant des appareils. Les perforatrices, au nombre de 60, sont installées côte à côte, sur 4 travées. Chaque machine peut perforer jusqu'à 8 bandes, sans effort considérable de l'opérateur. La manœuvre des touches a simplement pour effet d'ouvrir des clapets, qui permettent à l'air comprimé d'agir sur les poinçons perforant les bandes. Les bandes perforées sont enroulées sur de petits tambours métalliques et transportées par des boulistes aux différents postes chargés de les transmettre.

Ce système, qui est uniquement employé pour le service de presse, répond à un besoin tout à fait spécial. C'est la nécessité de faire transmettre le même texte par plusieurs appareils, chacun de ces appareils desservant plusieurs postes (jusqu'à huit embrochés sur la même ligne).

Pour la pratique courante, cette disposition n'a pas été retenue en Angleterre, car la boulisterie qu'elle aurait exigée aurait été extrêmement compliquée et aurait entraîné des retards et des erreurs.

Réception au sounder et à la machine à écrire conjugués. — L'Administration anglaise a procédé à des essais, mais a finalement renoncé à l'adoption de ce système. Les fonctionnaires anglais estiment que la transmission Morse pouvant, pour aussi rapide qu'elle soit, être prise par le procédé simple d'inscription à la main, l'avantage de la machine n'est pas justifié, eu égard aux dépenses à engager.

En Amérique, la question se pose différemment, car les télégraphistes utilisent un code abrégé, permettant d'obtenir une transmission plus rapide, qui ne pourrait être suivie sans la machine à écrire. Il est aussi très importrnt de signaler que, pour l'emploi de la machine à écrire, il faut avoir des opérateurs d'une habileté remarquable ; on ne les obtient qu'en choisissant des sujets particulièrement doués et après une période d'instruction qui souvent dépasse une année ; enfin, il faut les spécialiser dans ce genre de travail, si l'on ne veut pas qu'ils perdent leur habileté.

Multiple télégraphique. — Le commutateur d'intercommunication

est analogue à notre multiple télégraphique, mais ne sert que pour les communications des différents bureaux de Londres, soit entre eux, soit avec le Central.

Le nombre des postes locaux du Central est de 80 pour 400 lignes en service. La proportion est exactement la même que celle dont dispose le multiple du Poste central de Paris : 50 postes montés pour 250 lignes en service. Le travail des postes locaux est dirigé par des dames surveillantes, à raison de deux tables de 6 postes par surveillante. Elles ont pour mission de répartir le travail de départ entre les unités manipulantes, de façon à éviter tout stationnement prolongé des correspondances. Ces surveillantes sont constamment debout et circulent autour des tables qui leur sont affectées. Elles se remplacent toutes les deux heures et s'occupent entre temps d'un travail sédentaire, dérangements, tenue des documents, classement etc...

Un chef de section est chargé de la surveillance générale du meuble; c'est lui qui prend les mesures nécessaires pour renforcer ou diminuer l'effectif des manipulantes, selon les variations du trafic.

Les 15.700 télégrammes transitant par les postes locaux sont transmis ou reçus par 100 unités accomplissant huit heures de présence (temps d'un repas compris); ce qui donne un rendement horaire de 19 télégrammes par opératrices, tandis que notre rendement à Paris n'atteint que péniblement 9 télégrammes à l'heure et par opératrice. Les causes de cet écart sont : l'habileté professionnelle plus grande et *les très courts délais de réponse* des correspondants appelés.

Tableaux commutateurs. — Indépendamment du multiple télégraphique, affecté spécialement aux communications londoniennes, le Central possède deux tableaux commutateurs à batterie centrale (et signaux lumineux) auxquels sont rattachées des lignes de 40 à 50 km. et de trafic réduit. Chaque tableau groupe 60 lignes ; il est desservi au moyen de 30 postes morse-sounder. Un seul agent est placé en face du tableau et répartit les appels et les télégrammes de départ entre les opérateurs des sounders. Aux heures de plein trafic, le nombre des manipulants est généralement de 28.

Bureaux des phonogrammes. — A Londres, le bureau des phonogrammes possède un tableau standard à 200 lignes et 106 positions d'opératrices, dont 42 affectées à la transmission des télégrammes aux

abonnés et 64 pour la réception des messages émanant soit des abonnés, soit des bureaux non pourvus de fils télégraphiques.

Les appels provenant de l'extérieur sont observés par deux agents. L'introduction d'un fiche dans le jack de la ligne d'opératrice fait bruire un annonciateur monté sur le poste de cette dernière. A la perception de cet appel la téléphoniste manœuvre une clé à deux positions qui fait apparaître un signal d'occupation au tableau standard, coupe la liaison avec l'annonciateur et met en circuit l'appareil téléphonique de l'opératrice. Après réception du phonogramme, la même clé permet de donner au tableau le signal de fin de communication.

Les positions de transmission possèdent une clé du même genre, par laquelle un appel automatique est envoyé au tableau standard pour demander un fil d'abonné à qui un télégramme doit être transmis ; après communication faite, la clé est renversée et la ligne locale mise sur annonciateur.

Sur les 106 positions, il n'y en a guère que 78 qui fonctionnent aux heures pleines (14 pour la transmission, 64 pour la réception). Le grand nombre d'unités dont disposent ces services permet d'éviter les cas d'occupation : il y a toujours des unités disponibles pour recevoir les messages ; on sacrifie au besoin le travail des transmissions aux abonnés pour donner satisfaction aux appels. Cette méthode diminue considérablement le rendement, mais assure une très grande rapidité dans l'écoulement des messages.

Postes d'intérêt privé. — Le Central de Londres ne possède que 25 postes d'intérêt privé desservant des banques, des maisons de commerce ou des agences de journaux.

L'appareil généralement utilisé est le sounder ; cependant il existe six lignes exploitées au moyen d'un télautographe appelé « télewriter ». Mais cet appareil, qui était très employé, il y a quelques années, tend à disparaître. On lui reproche notamment d'exiger l'emploi de deux fils et des deux sens du courant, de donner des copies d'une longueur démesurée et d'être d'un fonctionnement lent. Cependant ce système à deux qualités remarquables : il n'exige ni appel préalable du poste correspondant, ni habileté particulière pour son emploi.

Un autre système est utilisé pour des postes d'intérêt privé, dans

certaines compagnies particulières de télégraphie. C'est le télétype. Cet appareil est une combinaison des systèmes Baudot et Hughes. La réception est obtenue au moyen d'un traducteur Baudot modifié, ne comportant qu'un seul électro-aimant. Le télégramme est imprimé sur bande. La transmission s'opère à l'aide d'un clavier de machine à écrire, sans aucune cadence, et une bande de contrôle s'imprime automatiquement sous les yeux de l'opérateur. Le rendement est de 45 mots à la minute, quand la transmission est faite par un agent habile. Cependant, question de rapidité à part, on peut sans apprentissage transmettre un télégramme. C'est cette qualité qui rend pratique l'usage de l'appareil chez les particuliers ou dans de petits bureaux télégraphiques ne possédant pas de télégraphiste exercé.

Boulisterie. — Les vastes dimensions des salles de transmission et leur répartition sur plusieurs étages rendaient difficile le problème de la circulation des messages entre les différents services.

Bien qu'une solution définitive ne soit pas encore retenue, il semble que deux principes aient déjà reçu la consécration de l'expérience et qu'ils serviront de base aux projets de boulisterie complète.

Ces deux principes sont les suivants :

1° Emploi des tubes pneumatiques pour l'échange du trafic de salle à salle ;

2° adoption du système de transporteurs, à griffe montés sur câble sans fin (système désigné sous le nom de « pick-up ») pour l'acheminement des télégrammes dans une même salle.

Le Central possède déjà, depuis plusieurs années, un réseau intérieur pneumatique tout à fait important ; son développement est de 10 km. environ. Non seulement les salles sont reliées entre elles, mais encore chaque section de salle se trouve reliée à des sections d'autres salles. Dans les salles, sauf au « cable-room » (section étrangère) la distribution sur les postes est faite par des élèves télégraphistes. Au cable-room, cette opération est actuellement réalisée, en grande partie, au moyen de « pick-up ». A cet effet, la salle est divisée en deux sections, nord et sud, desservies chacune par un de ces systèmes partant tous deux d'une station centrale. La distribution n'est pas faite par poste, mais par groupe de trois travées de postes ; c'est-à-dire qu'une travée sur trois est pourvue d'une station secondaire de pick-up. A la station

secondaire se tient en permanence un télégraphiste-élève, qui porte, sur les postes des trois travées à lui attribuées, les télégrammes à transmettre et en rapporte ceux qui, reçus aux appareils, doivent être acheminés sur d'autres postes.

Les télégrammes sont apportés ou repris à la station à des intervalles très courts : il passe toutes les 15 secondes une griffe, capable de prendre et de déposer des télégrammes.

Il convient de remarquer que l'emploi de ces procédés mécaniques, loin d'économiser la main-d'œuvre, exige, au contraire, un renforcement de l'effectif des boulistes. Le bénéfice réalisé porte sur la réduction des délais de séjour des correspondances dans le bureau.

On estime, à Londres, qu'un service télégraphique ne peut être considéré comme satisfaisant, quelle que soit d'ailleurs la rapidité des communications entre bureaux éloignés, si les messages séjournent dans les stations du transit. Le principe fondamental est le suivant. Depuis le moment de son dépôt au guichet, jusqu'à celui de sa remise au destinataire, un télégramme ne doit jamais rester en instance : tout le temps passé dans un casier de tri, dans un plateau ou sur le pupitre de l'appareil transmetteur est un temps gaspillé.

Le développement des lignes pneumatiques intérieures — 10 km. — sans parler des transporteurs accessoires à courroie ou à cordes, le nombre élevé de stations de tubes secondaires (16) doublées d'autant de directions et de casiers de tri, le luxe de personnel que l'on remarque — par exemple dans la salle des tubes extérieurs, où se trouve la station principale du réseau pneumatique interne, on est frappé par le véritable fourmillement des boulistes qui servent d'intermédiaires entre les différents services — tout montre d'une façon indiscutable que l'office britannique consent des sacrifices considérables pour accélérer la marche des correspondances dans l'intérieur du Central et mettre en pratique le principe énoncé plus haut.

Recrutement et instruction professionnelle du personnel. — Comme en Belgique, les candidats suivent, en premier lieu, le cours de l'École de télégraphie et ne sont utilisés dans les salles que lorsqu'ils sont capables d'assurer le service dans de bonnes conditions. Si, pendant la période d'essai qui dure environ un an, ils n'ont pas donné satisafction, ou s'ils ne sont pas à la hauteur de leur tâche, ils sont renvoyés

purement et simplement. Enfin, la spécialisation, sans être aussi poussée qu'en Belgique, existe presque en fait, tout au moins dans les grands bureaux.

Rendement du personnel. — Les rendements individuels anglais et français, au Baudot, sont à peu près du même ordre.

Pour le Morse (ou le sounder), en se basant sur le nombre des télégrammes traités par les postes locaux du multiple et le nombre moyen d'unités employés, on peut déduire que le rendement journalier moyen anglais par unité est de 157 télégrammes, chiffre très supérieur au rendement obtenu sur les postes locaux du multiple de Paris : 56 par unité et par jour. L'origine de cette infériorité est la même que celle déjà constatée vis-à-vis des Belges, c'est-à-dire : sélection du personnel télégraphique au moment de l'admission dans les cadres, formation soigneuse des soundéristes, réponse des correspondants au premier appel.

Cependant, d'après les chiffres officiels, on remarque que, dans l'ensemble, le rendement horaire parisien (9.66) est supérieur au rendement anglais correspondant (7.70).

La contradiction entre ces constatations n'est qu'apparente. Bien qu'individuellement l'agent anglais rende mieux que son collègue français, dans certains cas, notamment au Morse, le rendement global est inférieur au rendement français parce que à Londres, les services de direction, de tri des télégrammes, de traduction des adresses conventionnelles, les services de pointage et de préparation des vacations sont nombreux et richement dotés en personnel agent, et que, d'autre part, tous les services possèdent des disponibilités d'opérateurs pour parer aux à-coups si fréquents dans les transactions télégraphiques.

La comparaison du nombre des unités de surveillance des deux centres, montre que le personnel d'exécution anglais est mieux encadré et bien plus surveillé que le personnel français : 1 surveillant pour 7,6 agents à Londres et 1 surveillant pour 14,5 agents à Paris.

Réseau télégraphique. — Le réseau télégraphique anglais comprend un grand nombre de câbles souterrains, sur lesquels les communications ne sont pas troublées par les variations atmosphériques ; il possède en outre des fils disponibles dans la plupart des directions, ce

qui facilite singulièrement la tâche du service des mesures, et le rétablissement rapide des communications en cas de dérangements sur les lignes. Il faut remarquer pourtant que les fils aériens, qui constituent encore une partie du réseau anglais, ne sont pas supérieurs, au point de vue de leur isolement, aux fils français. Les isolements subissent des variations très grandes suivant la saison et l'état de l'atmosphère ; c'est donc bien la nature de la construction (fils aériens) qui doit être incriminée et rejetée, si l'on veut avoir un réseau bien isolé.

Service chargé des essais. — La construction et l'*entretien* du réseau téléphonique et télégraphique sont placés sous la direction du « Super-intendant ingénieur, chef technique du District de Londres ».

Dans la salle du répartiteur sont effectués : 1° la liaison entre les conducteurs des câbles souterrains et les fils aboutissant aux divers appareils du Central ; 2° les localisations de dérangements ; 3° des opérations de dessèchements des câbles ; c'est de là que partent les ordres donnés aux ouvriers des lignes qui procèdent aux réparations dans le district de Londres.

Quand les dérangements nécessitent, sur les câbles souterrains, des mesures précises ou des mises en observation de longue durée, la *Section des recherches*, qui possède des laboratoires spéciaux, peut être chargée d'intervenir.

Les deux installations d'essais annexées la première à la salle des Postes internationaux, la deuxième à la salle des appareils reliant Londres à l'intérieur du pays, ont un équipement technique comparable à celui de la salle des fils du Poste Central de Paris.

L'appareil utilisé pour les essais d'isolement est un *ohmmètre* à lecture directe ; on peut transformer facilement les connexions et l'utiliser en pont de Wheatstone pour la localisation des dérangements.

Des essais périodiques, relatifs à l'isolement et à la conductibilité, sont effectués chaque matin à 8 heures sur le réseau. Les circuits d'une longueur inférieure à 50 milles (80 km.) ne sont pas soumis à ces essais, à moins qu'ils ne fassent partie d'un groupe de 5 circuits ou plus, reliant 2 bureaux ouverts tous deux au public avant 8 heures du matin. Les essais sont effectués sur des sections d'une longueur approximative de 100 milles (160 km.). Chaque conducteur est soumis à un essai d'isolement les 1er, 2e, 4e et 5e vendredi ou samedi de chaque

mois ; à un essai de conductibilité le 3e vendredi ou samedi de chaque mois.

Les résultats de ces essais sont inscrits sur des feuilles réglementaires, qui sont envoyées à la fin de chaque semaine au « Superintendant-Ingénieur ».

Il n'existe pas, dans les salles d'essais ou à la salle des fils, de voltmètre ou de milliampèremètre enregistreur, comme il en existe au Central de Paris, où ils permettent de connaître la variation continue de l'isolement d'un fil alors que les essais périodiques ne donnent de renseignements valables qu'à l'instant de la mesure.

Les résultats des essais sont regardés comme insuffisants :

1° Quand l'isolement de un ou plusieurs fils est considérablement inférieur à celui de la majorité des fils empruntant la même artère ;

2° Quand la résistance d'isolement de chaque fil aérien tombe audessous du chiffre minimum *calculé* et figurant, pour chaque fil, sur les formules utilisées pour la rédaction des essais du matin, ces chiffres minima ayant été calculés avec une résistance d'isolement *par mille* de 200.000 ϖ. (320.000 ϖ. par kilomètre) ;

3° Quand la résistance de conductibilité mesurée est supérieure de 25 °/₀ à la résistance *calculée*.

Quand les résultats des essais du matin sont insuffisants, la cause doit en être immédiatement recherchée : chaque section d'ingénieurs doit effectuer des essais sur la portion du circuit qui passe dans sa circonscription et les résultats sont soumis au Superintendant-Ingénieur.

Le renouvellement des fils doit être envisagé si la résistance électrique mesurée s'est accrue de plus de 25 °/₀ au-dessus de la résistance calculée.

Le chiffre standard de 200.000 ϖ. fixé comme résistance d'isolement par mille (320.000 ϖ. par km.) pour les lignes qui ne comprennent que de petites sections de câbles souterrains, n'est cependant pas applicable à chaque district ; la proximité de la mer ou d'usines chimiques affecte défavorablement l'isolement du réseau aérien. Pourtant, il est établi que, dans les conditions les plus défavorables d'isolement, un chiffre d'au moins 60.000 ϖ. par mille doit être maintenu.

Les services techniques anglais ont prouvé, par une série de soi-

gneuses expériences, que, pour maintenir chaque fil dans une condition parfaite, répondant au travail qui lui est imposé (grande vitesse de travail automatique, principalement) la résistance absolue d'isolement d'un fil ne doit pas être inférieure à sa résistance totale de conductibilité. En France, l'instruction sur les essais et mesures électriques fixe à 1 mégohm la résistance kilométrique d'isolement normal minima, même pour les fils aériens. En réalité ce qui importe plus que la valeur du chiffre d'isolement, c'est sa constance. Un fil télégraphique s'accommode mieux d'un isolement kilométrique inférieur à 1 mégohm que d'un isolement toujours variable incompatible avec une bonne exploitation par les appareils télégraphiques rapides.

Pour les principaux câbles souterrains les essais sont effectués une fois par mois. Tous les conducteurs situés dans un même câble ne sont pas soumis à ces essais réguliers, mais seulement quelques-uns d'entre eux désignés par l'Ingénieur en Chef. Ces essais sont indépendants des « essais du matin » dont il a été parlé, et qui sont effectués sur des conducteurs aériens pouvant ou non inclure des sections souterraines.

Le câble souterrain est considéré comme affecté de dérangement si sa résistance d'isolement tombe au-dessous de *500 mégohms par mille* (800 mégh. par km.).

Les voltages utilisés pour les essais sur les souterrains ne doivent pas être supérieurs à 250 volts, et la valeur de l'intensité que peuvent supporter ces câbles n'est pas supérieure à 0,1 ampère.

La durée des interruptions d'un circuit au cours d'un mois ne doit pas excéder :

13 heures pour un circuit télégraphique aérien de 100 milles (160 km.), 1 heure 8 pour un circuit souterrain de 160 km.

Enfin l'étude des courants telluriques fait, en Angleterre, l'objet de mesures et de rapports périodiques.

LA BATTERIE CENTRALE TÉLÉPHONIQUE

DANS LES PETITS RÉSEAUX DE LA BANLIEUE DE TUNIS

Par M. CROUZET,
Inspecteur des Postes et Télégraphes.

Récemment un type très réduit de tableau à 18 abonnés de banlieue et à 2 lignes vers la ville a été mis en service dans la banlieue de Tunis. Il a été conçu de façon à supprimer tout organe inutile. En s'inspirant du principe que dans l'automatique un seul présélecteur suffit à plusieurs abonnés il a paru, possible d'affecter un seul signal d'appel pour plusieurs circuits urbains.

Il paraît intéressant d'en donner ici la description :

Le tableau est du type mural. Il comporte deux lignes principales et deux groupes de neuf abonnés, au total : vingt lignes.

L'ensemble ne nécessite que deux annonciateurs ordinaires deux signaux visibles avec deux clés d'écoute pour les dix-huit abonnés, trois paires de cordons avec un signal de fin, et une clé d'appel et d'écoute par cordon.

Les deux lignes principales aboutissent à deux annonciateurs ordinaires avec chacun un jack de coupure.

Chaque ligne d'abonné est également pourvue de son jack de coupure qui permet de la prendre isolément avec une fiche ; mais lorsqu'aucune fiche n'est enfoncée, les lignes d'abonnés sont réunies en quantité par groupe de neuf sur un seul signal visible.

Comme l'appareil est à *batterie centrale intégrale* il suffit qu'un seul abonné décroche pour que la batterie trouvant le circuit fermé fasse apparaître l'œil du groupe au tableau. Par la seule manœuvre de la clé d'écoute du groupe l'opérateur rentre et reçoit la demande de l'abonné. Il s'agit en général d'une demande de communication à destination du centre principal du

réseau ; l'opérateur en prend note et rappellera ensuite par son jack l'abonné intéressé. S'il s'agit d'une demande de communication avec un abonné du même réseau, qui peut être satisfaite incontinent, l'opérateur rentre directement avec une fiche d'un cordon sur le jack de l'abonné demandeur puis avec l'autre fiche du même cordon sur le jack de l'abonné demandé les mettant ainsi en relation comme dans un tableau ordinaire où les organes de supervision seraient sur le cordon.

En rentrant avec une fiche sur le jack individuel d'un abonné on substitue le signal visible du cordon à celui du groupe. L'abonné se trouve isolé de la dérivation commune et relié par le cordon soit à la ligne de l'opérateur soit à tout autre circuit.

L'appel est fait par la magnéto en dérivation sur la fiche A du cordon par l'intermédiaire de la clé baissée, comme dans un cordon ordinaire à B. C.

Le signal d'appel visible est un œil de type « Le Matériel Téléphonique ».

Il a deux enroulements de 80, qui constituent une self s'opposant aux dérivations des courants auditifs et assurent, une bonne sensibilité au signal.

Il fonctionne bien à partir de 50 mill.

Le signal de supervision placé sur le cordon est du même modèle mais a deux enroulements de 30-30 ohms, son montage est fait en série avec une bobine de self de 40-40 ohms ; dans le but de réaliser la plus grande efficacité possible, tant à la réception qu'à la transmission des communications interurbaines.

Nous avons dit que le tableau comportait deux directions principales pour les liaisons avec le réseau général.

Ce chiffre peut être augmenté suivant l'importance de ces liaisons et le nombre de lignes à grande distance.

Leur montage a été prévu en tenant compte des circuits appropriés qui sont en Tunisie non seulement souvent aménagés au Cailho, mais encore bifurqués ce qui implique l'appel par pile positive ou négative.

Le jack de la direction principale a donc été monté avec un condensateur shunté au repos (schéma fig. A) ce qui permet la

réception des appels effectués avec du courant continu. Mais au moment de l'introduction de la fiche dans le jack, le condensateur se trouve établi en série sur le circuit, la dérivation sur la ligne du courant qui alimente le microphone au poste d'opérateur est ainsi évitée et dans le cas où la ligne du poste Central rural aboutirait à une table interurbaine ou suburbaine à B. C. aucun trouble ne serait apporté dans le fonctionnement des organes de supervision.

De la sorte il n'est pas nécessaire d'avoir des fiches spéciales IA et AA suivant qu'il s'agit de communications entre l'abonné et l'interurbain ou seulement entre abonnés du même groupe.

Le tableau a été prévu pour servir non seulement dans un bureau État mais aussi chez un abonné de réseau à batterie centrale ayant plusieurs supplémentaires (c'est même à ce sujet que pour la première fois on a adopté, à Tunis, le dispositif qui consiste à mettre plusieurs lignes d'abonnés sur le même signal d'appel).

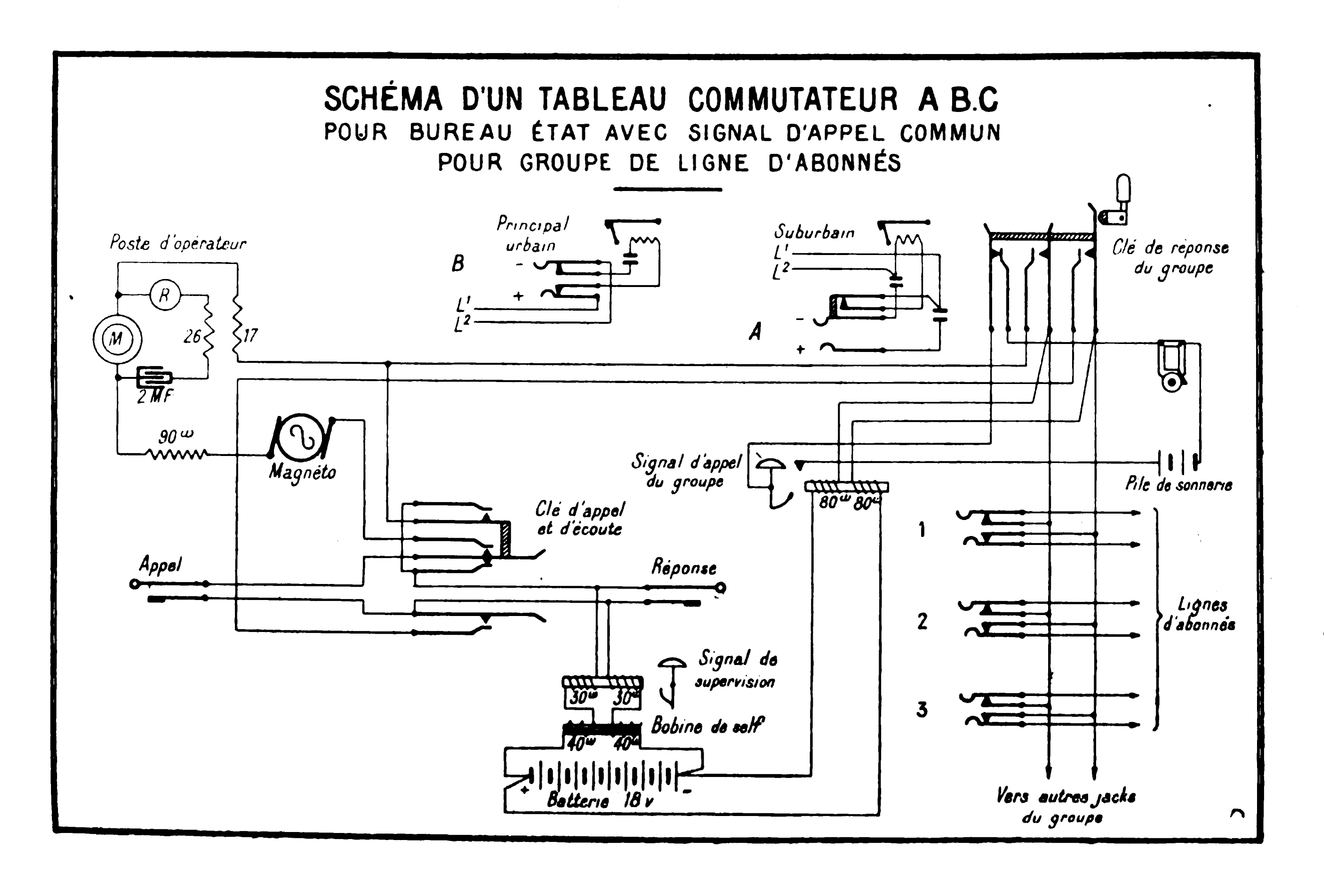
Dans ce cas, l'appel du Central se faisant en alternatif le jack de la ligne principale est monté en intercalant le condensateur en série avec l'annonciateur (fig. B du schéma).

La signalisation est donnée en cours de conversation par l'abonné seul dans le réseau rural ou par le supplémentaire dans le réseau urbain, mais cela ne présente aucun inconvénient.

La batterie centrale a été constituée par un groupe d'éléments de piles type micro donnant environ 18 volts qui ne débite qu'au moment de l'appel et de la conversation, son usure n'est pas excessive par rapport à celle que nécessite une installation du même genre mais à batterie locale.

A l'Ariana où fonctionne une batterie centrale de ce genre, les éléments de piles n'ont été refaits qu'une fois en un an, pour une moyenne de 600 conversations par mois.

L'entretien en est assuré par le facteur local pour l'ensemble de l'agglomération; l'économie de piles est appréciable : elle résulte naturellement, de la suppression de la batterie microphonique et d'appel des postes d'abonnés dont l'entretien individuel est onéreux. En outre en dehors des heures d'ouverture la batterie est tenue isolée ce qui limite encore son débit.


SCHÉMA D'UN TABLEAU COMMUTATEUR A B.C
POUR BUREAU ÉTAT AVEC SIGNAL D'APPEL COMMUN
POUR GROUPE DE LIGNE D'ABONNÉS
Poste d'opérateur
R
M
26
17
2 MF
90 ω
Magnéto
Principal urbain
B
-
+
L¹
L²
Suburbain
L¹
L²
A
-
+
Clé de réponse du groupe
Signal d'appel du groupe
Pile de sonnerie
80ω
80ω
Clé d'appel et d'écoute
Appel
Réponse
Signal de supervision
30ω
30ω
Bobine de self
40ω
40ω
+
Batterie 18 v
-
1
2
3
Lignes d'abonnés
Vers autres jacks du groupe

Il faut retenir que nombre de bureaux plus importants dotés de standard à 100 à B. C. n'ont souvent que des piles G. M. comme source d'énergie.

Le mélange auditif qui pourrait être à craindre malgré les selfs a été évité en shuntant la pile par un condensateur d'environ 10 ohms si bien que lorsque la pile faiblit ce sont toujours les organes de signalisation qui préviennent sans que les conversations aient été affectées par la résistance intérieure du groupe.

L'adoption de ce type de commutateur téléphonique tout à fait spécial n'a pas été sans soulever au préalable quelques objections, dont on n'a pu déterminer la valeur que par la mise en service du tableau.

On a envisagé notamment les inconvénients suivants :

1° L'appel concomitant de deux abonnés d'un même groupe.

2° La conversation entre abonnés du même groupe rentrant sur la dérivation commune à des heures convenues.

3° Les défauts affectant les lignes occasionnant le fonctionnement permanent du signal d'appel et le débit continuel de la batterie.

En ce qui concerne la 1re de ces remarques, il ne faut pas oublier que par la clé d'écoute du groupe, l'opérateur s'enquiert de l'identité des abonnés appelants.

En possession de ce renseignement il peut se mettre en communication directe avec chacun d'eux séparément au moyen de la fiche R du cordon.

S'il est nécessaire, le secret du dépôt d'une demande de conversation est ainsi assuré dans le cas précité.

D'ailleurs la pratique a fait ressortir qu'il est extrêmement rare que deux abonnés du même groupe appellent exactement en même temps au point de se trouver ensemble sur le circuit. Au surplus s'il y avait deux abonnés à fort trafic on les disposerait chacun sur un groupe différent.

La seconde des objections envisageait une éventualité qui ne s'est pas réalisée. En effet le fonctionnement du signal d'avertissement révèle, pendant les heures d'ouverture du bureau, la pré-



sence des abonnés sur le circuit et à la clôture la batterie centrale étant coupée toute conversation est impossible.

Il est remédié à la troisième objection de la manière suivante :

Si une ligne est affectée d'un défaut on peut, soit l'isoler par l'introduction d'une fiche morte dans le jack correspondant, soit la prendre sur l'un des cordons si elle est encore exploitable.

Ce tableau fonctionne parfaitement en Tunisie depuis 18 mois et n'a donné lieu à aucune difficulté d'exploitation.

Son adoption a été envisagée pour plusieurs petits centres ruraux tunisiens, qui suivant leur importance seront pourvus de tableaux exactement du même modèle mais :

1° à 10 lignes avec 2 cordons et un signal pour les petits bureaux ;

2° à 20 lignes avec 3 cordons et 2 signaux pour les bureaux moyens ;

3° à 40 lignes avec 6 cordons 4 signaux pour les bureaux plus importants.

Au delà c'est le standard à B. C. à 100 du type en service en Tunisie depuis plusieurs années qui est monté, équipé à 50, 75 ou 100 suivant les besoins.

FONCTIONNEMENT

DES COMPTEURS AUTOMATIQUES

DE CONVERSATIONS TÉLÉPHONIQUES

Par M. HIMBERT,
Agent mécanicien des Postes et Télégraphes.

L'enregistrement automatique des communications téléphoniques urbaines qui est absolument indispensable pour l'exploitation des réseaux à conversations taxées desservis par des multiples automatiques ou semi-automatiques, n'est pas moins utile pour obtenir le rendement maximum du travail des opératrices d'un multiple manuel rattaché à un réseau à batterie centrale ; il dispense en effet les téléphonistes urbaines de tenir les documents de comptabilité qui servent à débiter les comptes des abonnés. Il en résulte un gain de temps dont profitent la rapidité des réponses aux appels et l'établissement des communications.

Il ne semble pas qu'il faille voir dans le comptage automatique un avantage autre que celui de faciliter le travail des employées, car ainsi que je le montrerai plus loin, les chances d'erreurs imputables au comptage manuel se retrouvent dans le comptage automatique mais affectées dans la majeure partie des cas du signe contraire. Le premier système pèche le plus souvent par omission : dans les moments chargés l'employée donne la priorité à la réponse aux nombreux appels qui la sollicitent et à l'établissement des communications qui en résultent sur l'inscription de ces communications sur les procès-verbaux. Ce défaut qui se produit quelquefois dans le comptage automatique est provoqué par des dérangements qui se manifestent assez rarement. Le comptage en excès, au contraire, qui est constaté fréquemment est dû à des causes qui se reproduisent souvent.

La vérification du fonctionnement des compteurs automatiques en service dans le réseau de Clermont-Ferrand depuis le 1er juillet 1919 a montré que les irrégularités constatées par le rapprochement de leurs indications avec les pointages manuels trimestriels prescrits par l'Administration peuvent se diviser en deux catégories et tenir aux causes suivantes :

a) *Enregistrement par défaut.*

Causes
- mécaniques : grippement des roues porte-chiffres sur leur axe, ressort antagoniste trop tendu.
- électriques : Soudures défectueuses au répartiteur intermédiaire ou au compteur, au relais totalisateur, mauvais contact aux buttoirs des relais de rupture d'appels, au relais du circuit de compteur.
  Entrefer trop grand entre le noyau et l'armature du relais de circuit de compteur.
  Fusible brûlé dans la centaine au panneau des fusibles.

b) *Enregistrement par excès.*

Causes
- mécaniques : rupture d'une dent de pignon d'entraînement, décrochage du ressort antagoniste d'armature du compteur,
- néglig. de serv. : mise en communication du « demandeur » soit avec une ligne occupée (omission du test) soit avec une ligne en dérangement (boucle), omission de l'établissement d'une fiche de décompte lorsque l'opératrice se trompe de jack dans la recherche du « demandé »,
- électriques : bouclage de la fiche du « demandé » entre corps et pointe par la douille du jack lorsque l'enfoncement de la fiche se fait obliquement et que la fiche n'a plus par suite d'usure son diamètre initial 5 mm. 4 au corps, l'usure de 1/20 de millimètre suffit pour provoquer cet effet de boucle passager ; bouclage entre corps et pointe provoqué par la rupture de l'isolant qui sépare l'anneau de garde et la pointe ; excès de sensibilité du relais de rupture d'appel (il s'arrête avant la réponse du demandé),
  ressort du relais de supervision du demandé détendu ou cassé.

Il résulte de ce qui précède que les irrégularités de la première catégorie tiennent à des effets qui se reproduisent assez rarement. Les comptages par excès au contraire sont dus à des dérangements provoqués par la fatigue et l'usure de certains

organes qui travaillent beaucoup, voire même à des négligences du personnel c'est-à-dire à des causes normalement fréquentes.

La cause la plus accentuée de ces excès de comptage est d'ordre en quelque sorte congénital : c'est celle qui est provoquée par l'usure du corps de la fiche « demandé » , une diminution de diamètre inférieure à 1/10 de millimètre suffit pour établir au moment de l'enfoncement de la fiche le bouclage de la pointe et du corps par basculement à travers la douille du jack du demandé ; il est bien entendu que pour que cet effet de boucle momentané se produise, il faut que l'enfoncement de la fiche ait lieu obliquement : c'est ce qui arrive lorsque la communication est établie dans les sections adjacentes au groupe de la téléphoniste.

Afin d'éviter de la part des abonnés des réclamations pour excès de taxe quelquefois justifiées et pour obtenir le maximum d'exactitude dans le fonctionnement des compteurs automatiques, il est nécessaire de procéder à de fréquentes vérifications préventives des fiches des dicordes quant à leur action sur l'enregistrement des communications. En raison de la distance parfois notable qui sépare les groupes urbains du bâti des compteurs, la vérification des dicordes est longue, fastidieuse et nécessite l'intervention de deux opérateurs, l'un à l'urbain, l'autre vers les compteurs.

Afin de simplifier, de faciliter et rendre par conséquent plus efficace la vérification des dicordes, il m'a paru avantageux d'utiliser un dispositif portatif d'essai que j'ai combiné suivant le schéma ci-contre.

P_1 et P_2 sont des plots placés au-dessus d'un groupe urbain et reliés à demeure aux fils d'une ligne d'un compteur disponible et préalablement déconnecté, le n° 11.99 par exemple :

1° Boucler la ligne d'appel de ce numéro au répartiteur d'entrée à travers une résistance de 200^{ω} ;

2° Enfoncer une fiche demandeur dans le jack général 11.99 placé à proximité du groupe où l'on opère, puis la fiche du demandé dans le jack J de la boîte d'essai ; la sonnerie S reçoit l'appel automatique et fonctionne comme dans un poste d'abonné ;

3° Pousser le bouton de bouclage B, la sonnerie s'arrête et le compteur C marque une communication.

N. B. — Répéter plusieurs fois la manœuvre de l'enfoncement de la fiche « demandé » dans J avant de pousser le bouton B et vérifier si le compteur ne fonctionne pas avant le bouclage de la ligne.

Ce dispositif d'essai ne nécessite le concours que d'un seul opérateur et permet à celui-ci de vérifier rapidement l'action de tous les dicordes d'un groupe sur un compteur automatique.

Lorsque l'essai fait ressortir le fonctionnement intempestif du

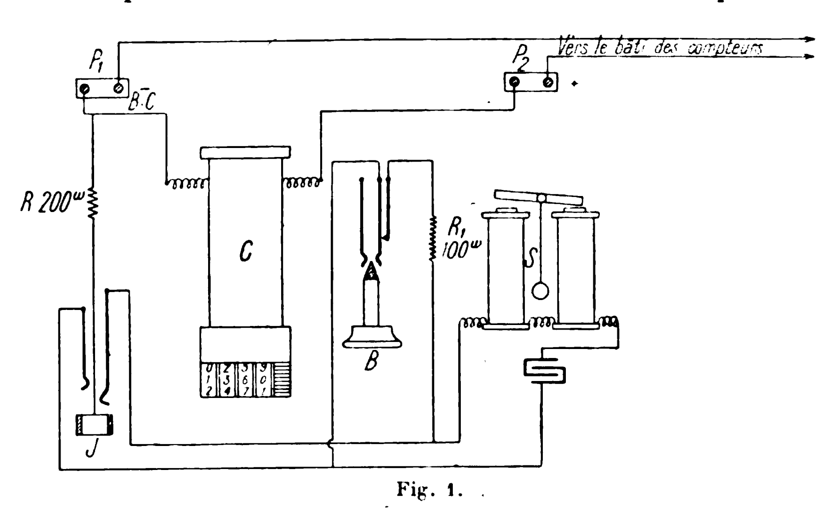


Fig. 1.

compteur avant la manœuvre du bouton B et que le signal de supervision intéressé n'a pas été shunté, il y a lieu de remplacer la fiche correspondante par une fiche neuve. Si la fiche ainsi retirée est en bon état sur tous autres rapports que l'usure du corps elle peut être utilisée sans inconvénient sur les cordons demandeurs de l'urbain ou sur n'importe quel cordon des groupes interurbains.

En résumé malgré une surveillance constante des dicordes, en raison des causes multiples d'erreurs toujours possibles inhérentes à la précarité de leur état mécanique ou électrique, il est illusoire de tenir pour absolument conformes à la réalité les

nombres enregistrés par les compteurs automatiques ; on ne doit les considérer que comme des quantités approchées mais dont l'approximation serait incontestablement suffisante dans le régime envisagé des abonnements par paliers.

Dans le régime actuel des abonnements à conversation taxée, l'erreur par excès constatée dans le comptage automatique qui varie de 2 à 5 % compense la carence de l'enregistrement de la durée des conversations urbaines, puisque dans les systèmes de compteur jusqu'à ce jour en vigueur le temps n'intervient pas pour l'application de la taxe.

COMITÉ TECHNIQUE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES

Machines à affranchir.

Le principe des machines à affranchir a été donné dans le numéro d'avril des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones (voir page 487). On trouvera ci-après la description de la machine à affranchir « Tiranty ».

La machine à affranchir se présente sous forme d'un carter scellé K suspendu en équilibre au-dessus d'une table de timbrage.

Elle présente comme saillies extérieures une poignée de manœuvre entre deux leviers L, et un compteur latéral C.

Elle se termine à la partie inférieure par un tube T contenant le cachet et supportant le mécanisme d'encrage à ruban R.

Un premier mouvement de la poignée abaisse la machine entière et amène le tube T en contact avec la lettre à affranchir ; la suite du même mouvement arme le mécanisme qui se déclanche automatiquement en fin de course. La lettre se trouve timbrée, et tout revient à l'état initial en abandonnant la poignée.

La pièce essentielle du mécanisme est un arbre transversal dont l'extrémité se trouve sous le bossage A du compteur C ; cet arbre porte, venus d'une seule pièce :

Un excentrique commandant le cachet ;

Un pignon d'entraînement ;

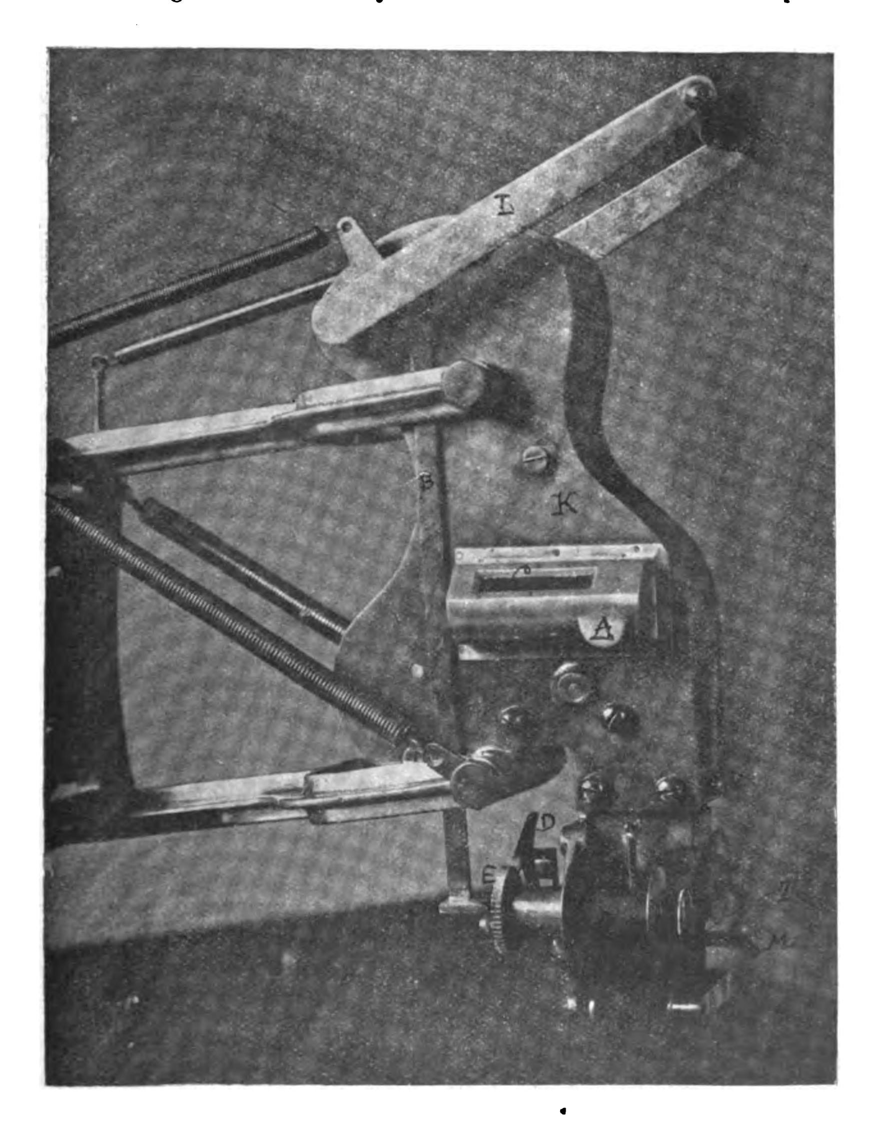
Une vis sans fin actionnant directement le compteur.

Un tour de cet arbre fait avancer le compteur C d'une unité et fait mouvoir le cachet depuis sa position de repos à l'intérieur du tube T solidaire de l'appareil, jusqu'à affleurer la base du carter K et par conséquent timbrer la lettre, puis ramène le cachet à sa position primitive.

Le mécanisme moteur qui engrène sur le pignon de l'arbre principal, s'arme par le double levier extérieur L et se déclanche automatiquement en fin de course de ce levier.

Le cachet n'est jamais en prise directe avec le levier de manœuvre. Il est toujours soit verrouillé intérieurement, soit en mouvement libre, en liaison obligatoire avec le compteur par l'arbre unique et sans liaison avec l'extérieur, de sorte qu'il est impossible d'agir frauduleusement sur son mouvement.

L'encrage se fait au moyen d'un ruban R extérieur interposé



entre cachet et lettre. Une bielle B articulée sur le levier L agit sur une roue à rochet E par un double cliquet D et fait avancer automatiquement ce ruban. La manœuvre de la clé M fait osciller le double cliquet D qui vient alors en prise avec la roue symétrique de E pour changer ce sens de l'avancement du ruban.

Un petit châssis oscillant placé à la base du tube où se meut le cachet porte les caractères dateurs interchangeables et est actionné par le cachet lui-même lors de sa descente. Ce dispositif permet d'obtenir en même temps que l'impression de la vignette d'affranchissement celle de l'oblitération à date.

Cette machine est destinée aux maisons de commerce, banques et à fort courrier ; son emploi évite le collage des vignettes long et dispendieux et permet d'affranchir 3 à 4.000 lettres à l'heure.

Il supprime le vol des timbres et la comptabilité est réduite à sa plus simple expression. Un agent passe périodiquement relever les chiffres du compteur et encaisser les sommes dues.

Redresseurs de courants alternatifs.

Le Comité Technique a eu à examiner les différents types de redresseurs de courants alternatifs, en vue de déterminer celui qu'il conviendrait d'adopter à titre définitif.

Après avoir écarté les redresseurs électro-magnétiques, dans lesquels il est très difficile d'éviter les étincelles et la destruction qui s'ensuit, le Comité a mis en balance les avantages et les inconvénients des redresseurs rotatifs : ceux-ci produisent un bruit qui va en s'accentuant avec l'usure des axes et des paliers, ils nécessitent une surveillance et un entretien à peu près constants; par contre, en cas d'arrêt de la distribution d'énergie, on peut substituer au moteur électrique un moteur à essence ou à gaz, et l'interruption est réduite au minimum.

Les redresseurs à lampes ne nécessitent pour ainsi dire pas d'entretien ni de surveillance ; en particulier, la lampe Tungar, installée depuis près d'un an au bureaux de Dreux, fonctionne

d'une façon très satisfaisante; elle n'est pas fragile comme certaines autres lampes, dont le transport est une opération assez délicate; enfin, si une interruption vient à se produire, elle se rallume spontanément et sans aucune intervention, dès que le courant industriel est rétabli.

Pour ces raisons, le Comité Technique a préconisé la lampe Tungar, de préférence à toute autre lampe, chaque fois que, pour des raisons quelconques, le redresseur rotatif ne s'impose pas.

REVUE DES PÉRIODIQUES

PÉRIODIQUES EN LANGUE FRANÇAISE

Mesures prises en Suisse pour réduire les perturbations occasionnées sur les lignes télégraphiques et téléphoniques par les chemins de fer électrifiés (*Bulletin Technique de l'Administration des Télégr. et Téléph. suisses:* février 1923). — Les lignes de chemins de fer électriques, qui, à l'heure actuelle, sont susceptibles d'occasionner des troubles inductifs sur les lignes de communication, sont les suivantes fonctionnant avec du courant alternatif monophasé :

Lignes à 15.000 volts et 16 périodes 2/3 :

Chemins de fer fédéraux : Lucerne-Chiasso (ligne du Saint-Gothard) et Berne-Thun.

Lignes de la Société bernoise des chemins de fer alpestres : Spiez-Brigue (chemin de fer du Lötschberg), Thun-Interlaken, Spiez-Zweisimmen, Berne-Belp-Thun, Berne-Schwarzenburg.

Lignes à 10.000 volts et 16 périodes 2/3 :

Lignes de la « Rhätischen Bahngesellschaft » : Chur-Landquart-Davos, Chur-Filisur-Saint-Moritz, Saint-Moritz-Schuls, Davos-Filisur et Reichenau-Disentis.

Les mesures prises en vue de réduire les perturbations et les résultats d'une série d'essais ont conduit aux conclusions suivantes :

1) Éviter autant que possible les longs parallélismes entre les lignes électrifiées et les circuits de communication, ainsi qu'un trop grand rapprochement des uns et des autres.

En conséquence, l'Administration des télégraphes et téléphones a déplacé les circuits posés avant l'électrification des voies ferrées; une partie des nouveaux circuits a été renfermée dans des câbles souterrains, le reste a été posé sur appuis à une distance plus considérable des chemins de fer électriques. En aucun cas les lignes sur

appuis ne sont posées à moins de vingt mètres des lignes de traction électrique ; la distance est en moyenne supérieure à 100 mètres ; elle atteint parfois même un kilomètre et plus. La distance minimum de 20 mètres n'existe que sur des sections très courtes, lorsque les vallées alpestres ne permettent pas de réaliser un écart plus grand. En principe, les câbles souterrains ont été posés très loin de la voie ferrée ; mais lorsque celle-ci passait dans un tunnel, les câbles étaient enterrés dans le tunnel même, toute autre construction étant impossible. C'est pour cela que l'on constate sur ces câbles des troubles par induction plus importants qu'ailleurs. Il convient donc d'éviter toutes les fois qu'on le peut de rapprocher ainsi les lignes de communication des voies ferrées électrifiées.

2) Les lignes unifilaires, avec retour par la terre, ne peuvent être exploitées régulièrement lorsqu'elles sont, en totalité ou en partie, soumises à l'influence des courants de traction. En pareil cas, on doit se servir exclusivement de circuits bifilaires, aussi bien pour le télégraphe que pour le téléphone. L'Administration suisse a remanié en conséquence une série de liaisons à un fil servant à transmettre des communications télégraphiques et téléphoniques.

3) On a de plus augmenté le nombre des rotations qui étaient faites tous les 300 mètres sur les circuits téléphoniques et tous les 600 mètres environ sur les fils télégraphiques. Pour éviter les effets des surcharges et des surtensions dues aux phénomènes d'induction, on a muni les circuits de parafoudres à vide dont le fonctionnement est aussi sûr que possible. Ces appareils sont encore en essai à l'heure présente.

Outre les précautions indiquées plus haut, il importe encore d'assurer une symétrie rigoureuse des circuits bifilaires en ce qui concerne leurs propriétés électriques (isolement, capacité, self-induction et résistance ohmique).

4) Sur la ligne électrique du Saint-Gothard (Lucerne-Chiasso) les circuits sont *en câble* sur les 2/3 environ de leur longueur ; sur la ligne du Lötschberg (Spiez-Brigue), sur le quart environ de leur longueur ; sur la ligne Thun-Interlaken, sur les 4/5 environ de leur longueur totale ; quant aux autres lignes mentionnées au début, elles sont voisines de lignes de communication aériennes pour la plupart.

Le choix entre les circuits en câble et les circuits aériens a été dicté principalement par des considérations géographiques et économiques; enfin, on a tenu compte du développement futur du réseau suisse de câbles téléphoniques.

Ajoutons encore que les câbles traversant les voies électrifiées ou posés au voisinage de celles-ci sont entourés d'une enveloppe protectrice en fer ; on envisage la pose de câbles armés dans des conduites tubulaires ou de câbles non armés dans une canalisation protectrice formée de plaques de tôle. En pareil cas, dans les chambres d'épissage ou d'accès, les points de raccord de l'enveloppe isolante sont franchis par un conducteur en cuivre et la canalisation protectrice est mise à la terre de place en place. Les câbles se trouvent ainsi protégés contre les effets des courants de retour de la ligne électrifiée et contre les perturbations inductives occasionnées sur les circuits des câbles par les courants de régime. Les résultats obtenus jusqu'ici montrent que les mesures de protection appliquées ont réellement un effet utile très appréciable.

5) Abstraction faite des dispositifs de sécurité d'usage courant, on s'est borné jusqu'à ce jour à appliquer les mesures de protection mentionnées dans les quatre paragraphes précédents.

Par contre, les administrations des chemins de fer intéressées ont pris différentes mesures propres à réduire les troubles par induction. Sur la section électrifiée Berne-Thun (30 kilomètres environ) la ligne de traction (système à 3 conducteurs) a été munie d'autotransformateurs et, à titre d'essai, de transformateurs à coefficient d'induction variable (saugtransformatoren). Toutefois, ces mesures n'ont pas produit les résultats qu'on attendait et il a fallu éloigner les circuits de communication des voies de chemins de fer électriques. D'ailleurs les avantages ne sont pas en rapport avec les dépenses engagées, de sorte qu'on en est arrivé à abandonner ce système.

Il semble qu'il y aurait intérêt à augmenter sur la ligne de traction le nombre des points d'alimentation ; l'expérience prouve que ceux-ci devraient exister tous les 30 ou 40 kilomètres, de sorte que chaque machine motrice roulant sur une section reçoive le courant des deux côtés, car alors les courants arrivent à la locomotive dans deux sens opposés et il se produit une sorte de compensation des

effets exercés par la ligne électrique sur les circuits de communication. D'autre part, il est essentiel de construire les machines génératrices et motrices de façon à éviter la production d'harmoniques.

6) Lorsque les mesures préconisées sont prises respectivement par les compagnies de chemins de fer et par l'Administration des télégraphes et téléphones, on peut compter que le service sera tout à fait satisfaisant sur les lignes de communication. Naturellement, on ne peut éviter qu'il se produise parfois des bruits parasites sur les circuits téléphoniques, bruits occasionnés lors du démarrage en gare des locomotives ou lorsqu'elles sont engagées, avec un lourd convoi, sur des rampes très rapides. Mais ces bruits sont en général assez faibles pour ne pas être perçus par une oreille peu exercée ; d'ailleurs, ils n'empêchent jamais la compréhension des signaux.

7) La plupart du temps, les perturbations importantes se produisent en cas de court-circuit ou lorsqu'il existe des surtensions sur les lignes de traction ou d'alimentation ; beaucoup sont dues également au manque d'homogénéité des lignes électriques ou à la dissymétrie des propriétés électriques des installations téléphoniques (défauts d'isolement principalement).

8) L'expérience prouve que les mesures de protection prises en Suisse contre les troubles par induction sont en général suffisantes. Elles seront complétées dans la suite en profitant des perfectionnements réalisés progressivement. Nous sommes convaincus que l'électrification des chemins de fer ne constitue pas une entrave sérieuse au développement des communications télégraphiques et téléphoniques et qu'elle ne fera nul tort à l'extension opportune du réseau des lignes à courant faible.

PÉRIODIQUES EN LANGUES ÉTRANGÈRES

Transmission simultanée de deux radioconcerts. (*Electr. World :* avril 1923). — La Radio Corporation d'Amérique poursuit actuellement à New York l'installation d'une station émettrice qui transmettra en même temps deux radioconcerts. L'antenne est formée de deux groupes distincts de fils qui sont reliés à deux postes émetteurs indépendants (voy. figure), travaillant cha-

cun sur une longueur d'onde propre. La nouvelle station sera vraisemblablement mise en service dans les premiers jours de juin.

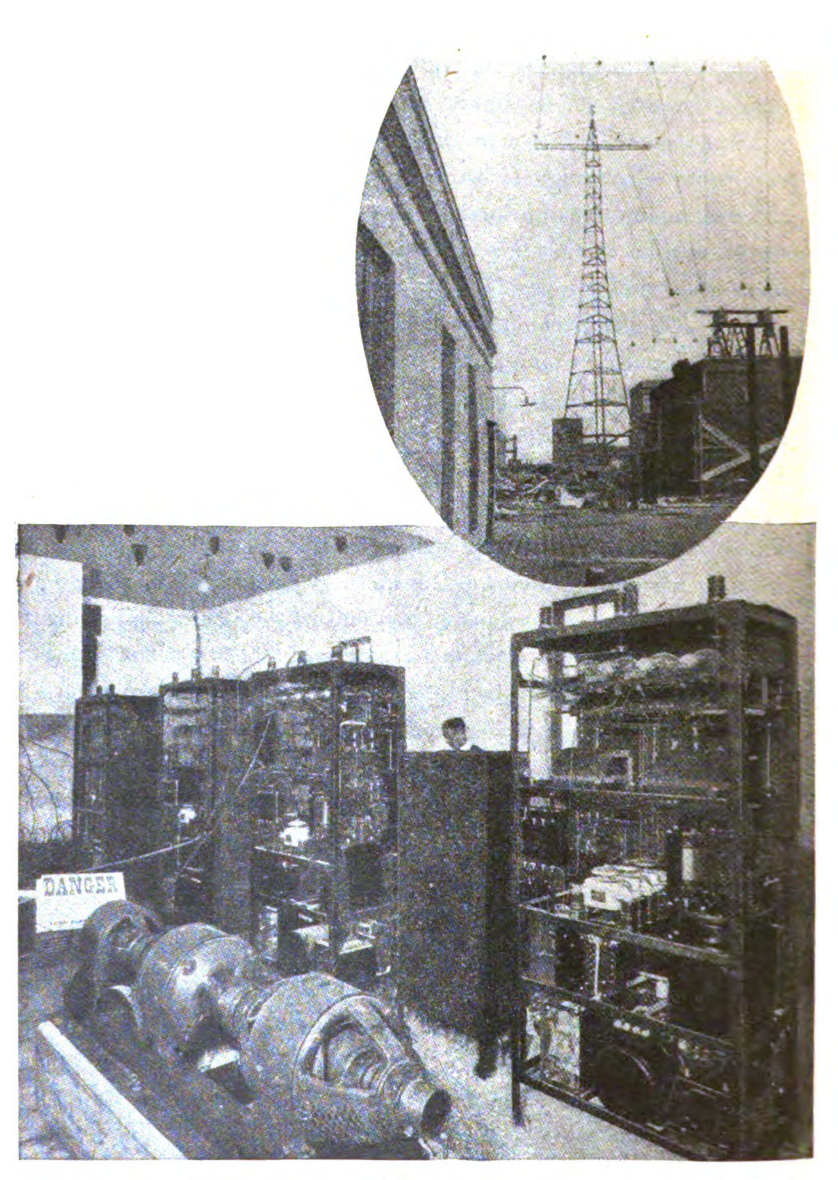


Fig. 1.

Transmission radiotéléphonique des représentations de l'Opéra de New York (*Telegr. and Teleph. Age :* juin 1923). — Pour transmettre du grand opéra il est indispensable de placer convenablement les microphones, et pour cela, il faut être fixé exactement sur l'acoustique de la scène et de la salle qui ont des dimensions inaccoutumées. D'ordinaire, on monte trois microphones qui enregistrent respectivement les airs joués par l'orchestre, les morceaux chantés par les premiers rôles et par les chœurs. On dispose les microphones de manière à éviter que les ondes sonores ne soient trop fortes ou trop faibles quand les artistes se déplacent sur le plateau suivant les jeux de scène.

A l'Opéra de New York, un des microphones est placé sous la scène devant la boîte du souffleur, face à l'orchestre ; les deux autres sont à droite et à gauche du souffleur ; suivant les besoins, on les déplace plus ou moins dans un sens ou dans l'autre. Parfois, on munit les microphones de pavillons spéciaux pour obtenir un meilleur enregistrement des soli ou des airs joués en sourdine. Un tableau de commutation permet de mettre en circuit l'un ou l'autre des microphones ou les trois à la fois suivant les exigences de la représentation.

Les sons captés par les microphones sont renforcés à l'aide d'un amplificateur qui est généralement placé sous la scène. Dans la salle des appareils on trouve les organes habituels : transformateurs, lampes à vide, relais amplificateurs. Les sons sont ainsi renforcés avant d'être dirigés sur la station émettrice de Newark. L'énergie appliquée aux microphones et au premier amplificateur est fournie par un groupe de quatre accumulateurs de 6 volts.

L'antenne avec contrepoids et la salle des appareils sont installées sur le toit d'un immeuble. Les signaux amplifiés passent dans cinq lampes modulatrices de 250 watts chacune, puis dans quatre oscillateurs à lampes capables de mettre 1.000 watts dans l'antenne. Un poste d'écoute monté à côté du tableau de commande permet de surveiller la qualité de la modulation.

Entre la salle de spectacle et la salle des appareils, il existe une liaison téléphonique directe qui permet de régler le détail des émissions afin de rendre celles-ci aussi parfaites que possible.

Le Télégraphone (K. Perlewitz, *E.T.Z.* : novembre 1922). — L'appareil décrit permet d'enregistrer les conversations téléphoniques. Le ruban en acier des appareils similaires est remplacé ici par un rouleau en cire. Un petit moteur électrique fait tourner le rouleau à une vitesse uniforme et avancer, sur le rouleau, un dispositif enregistreur muni d'une pointe en saphir. Ce dispositif ne comporte pas de diaphragme ; c'est une combinaison de deux systèmes vibrants — non décrits — qui permettent d'utiliser de puissants aimants et qui, une fois réglés convenablement, reproduisent pendant longtemps la parole avec une grande fidélité.

Le rouleau en cire peut enregistrer une conversation d'une demi-heure. On peut utiliser l'appareil pour dicter le courrier par téléphone ; il peut être agencé de façon à être mis automatiquement en circuit et hors circuit.

Télévision (*Wireless World and Radio Review* : novembre 1922). — M. Langer décrit les perfectionnements apportés aux méthodes de transmission électrique (par fil et sans fil) des images qui, à l'arrivée, sont perçues par l'œil à peu près comme le sont par l'oreille les sons émis à une grande distance. La transmission électrique des images exige cinq opérations distinctes :

1) Décomposition en ses éléments de l'image à transmettre.

2) Traduction des différentes teintes des éléments constitutifs en impulsions électriques d'intensité variable, au moyen de résistances en sélénium.

3) Transmission des impulsions électriques.

4) Reconstitution des éléments de l'image.

5) Reconstitution de l'image à l'aide de ses éléments.

L'auteur a parfaitement réussi ces opérations successives, mais il ne les a pas encore coordonnées pour en faire un procédé pratique de télévision. Ses conclusions ont surtout pour objet d'indiquer la voie qu'il convient de suivre pour réaliser de nouveaux progrès.

INFORMATIONS ET VARIÉTÉS.

Exposition de Physique et de T.S.F. — La Société française de Physique organise, à l'occasion de son cinquantenaire, une exposition nationale de Physique et de T.S.F. qui englobera toutes les applications scientifiques, industrielles et commerciales de la Physique et aura lieu au Grand Palais (Champs-Élysées) du 30 novembre au 17 décembre 1923. Les groupes qu'elle comprendra sont les suivants :

Groupe :		*Président.*
1	Physique expérimentale	M. DE BROGLIE.
2	Exposition rétrospective d'appareils de Physique	J. BÉTHENOD.
3	Radiotélégraphie, Radiotéléphonie	E. GIRARDEAU.
4	Tubes à vide	H. PILON.
5	Physique biologique, Physiologie	D'ARSONVAL.
6	Télégraphie, Téléphonie, Signalisation	H. ANDRÉ.
7	Applications diverses de l'Électricité	P. ESCHWEGE.
8	Électrochimie	H. GALL.
9	Câbles électriques	C. JUNG.
10	Verres, Porcelaine, Isolants divers	L. DELLOYE.
11	Optique	JOBIN.
12	Photographie, Cinématographie	L. LUMIÈRE.
13	Lumière	E. IMBS.
14	Gaz raréfiés, Gaz comprimés	P. NIVARD.
15	Chaleur	H. LAURAIN.
16	Métallurgie	L. GUILLET.
17	Acoustique	G. LYON.
18	Appareils de Mesure et de Contrôle	C. MICHEL.
19	Enseignement, Livres, Revues	P. JANET.

Station de T.S.F. à grande puissance sans mât, ni pylône. — Une Compagnie a obtenu du gouvernement du Reich l'autorisation de construire dans l'Oberland bavarois une station de T.S.F. sans mât. Le mât sera remplacé virtuellement par la différence de niveau entre les points d'attache des antennes (L'armée autrichienne a fait un essai de ce genre pendant la guerre. — L'ingénieur hollandais DE GROOT a utilisé le principe pour construire une station de T.S.F. à Java). L'emplacement choisi se trouve

entre les deux lacs Kochelsee de Walchensee, au pied de la crête du Herzogstand, dans le voisinage de l'établissement hydro-électrique du Walchensee, actuellement en construction, qui fournira à la station de T.S.F. l'énergie électrique nécessaire.

Les antennes en forme d'éventail partent de la crête du Herzogstand (1.732 mètres d'altitude) pour converger vers un mouvement de terrain appelé Stein, qui lui-même est relié à la station de réception ; ces antennes ont une portée de 2 km. 500, pour une différence de niveau de 300 mètres.

Les travaux préliminaires sont terminés ; on va entamer les gros travaux de la station, que l'on espère mettre en exploitation vers le milieu de l'année 1924 ; la station sera pourvue d'un Lorenz-Poulsen-Generator de 2.000 kilowatts, et d'une Lorenz-Hochfrequenzmaschine (système Schmidt) de même puissance. L'établissement Walchensee sera susceptible de fournir 168.000 H.P.

Cette nouvelle station de T.S.F. ne sera tout d'abord qu'une station d'expérience, qui ne sera pas utilisée pour la transmission des télégrammes. Mais, en accordant l'autorisation de construire, le Reich s'est réservé la faculté d'obliger la compagnie à recevoir les radios.

Liste des stations radiotéléphoniques pouvant être entendues en France.

Longueur d'onde	Nom de la station	Indicatif	Observations
353 m.	Cardiff	5 WA	Chaque jour.
369	London	2 LO	Chaque jour.
385	Manchester	2 ZY	Chaque jour.
400	Newcastle	5 NO	Chaque jour.
415	Glasgow	5 SC	Chaque jour.
420	Birmingham	5 IT	Chaque jour.
450	Ecole supérieure des Postes et Télégraphes.		Mardi, jeudi à 20 h. Samedi 14 h. 30, 16 h. Les émissions supplémentaires sont annoncées par la station.
1.050	La Haye	PCGG	Dimanche de 15 h. à 17 h. 40. Lundi et jeudi de 20 h. 40 à 21 h. 40.
1.300	Bruxelles	BAV	Dimanche, mardi et jeudi à 18 h.
1.780	Concerts Radiola		
2.600	Tour Eiffel	FL	Tous les jours à 17 h. 05 et à 20 h. 45.
3.100	Lyon	YN	Tous les jours, sauf le dimanche, de 10 h. 45 à 11 h. 15.

Horaires des stations anglaises de Broadcasting :

Station	Long. d'onde mètres	Temps moyen Greenwich	Transmission
Londres 2 L.O.	369	11.30-12.30	Orchestre
		17.30	Histoires pour enfants
		19.00	Nouvelles
		19.30-21.45	Concert vocal et instrumental
		21.45	Nouvelles
		22.00	Orchestre
Birmingham 5 I.T.	420	11.30-12.30	Orchestre
		17.30	Histoires pour enfants
		19.00	Orchestre
		19.30	Nouvelles
		19.45-21.00	Concert vocal et instrumental
		21.30	Orchestre
		21.45	Nouvelles
Manchester 2 Z.Y.	385	11.30-12.30	Concert
		17.30	Histoires pour enfants
		18.30	Orchestre
		19.30	Nouvelles
		20.00-21.55	Orchestre
		21.55	Nouvelles
		22.40	Signaux horaires de FL (retransmission automatique)
Newcastle 5 N.O.	400	11.30-12.30	Orchestre
		17.30	Histoires pour enfants
		19.30-21.30	Nouvelles, Orchestre
Glasgow 5 S.C.	415	17.30	Histoires pour enfants
		19.00-21.00	Orchestre, nouvelles
		21.30-22.00	Orchestre, nouvelles
		22.00	Musique de danses ; mise en service le 6 mars 1923.
Cardiff 5 W.A.	353	17.30	Histoires pour enfants
		19.30	Nouvelles
		19.40-21.30	Orchestre
		21.30	Nouvelles
		22.05-22.30	Orchestre (mise en service le 13 février 1923).

De courtes conférences sont également transmises par ces stations.

Les auditions radiotéléphoniques en Grande-Bretagne. — *Conditions de délivrance des permis de recevoir.* — L'exploitation des stations émettrices de radiotéléphonie d'informations ou de concerts est exclusivement assurée en Grande-Bretagne par une association de firmes de fabricants d'appareils de T.S.F., la « British Broadcasting C° ».

Les permis de recevoir les informations ou les concerts sont de deux sortes : 1° les permis d'utilisation des appareils portant la marque déposée de la Broadcasting Company ; 2° les permis d'utilisation d'appareils de réception fabriqués à la maison par des particuliers, soit de toutes pièces, soit au moyen d'éléments d'appareil, achetés dans le commerce. Ces permis sont délivrés par le Postmaster General.

Les permis de la deuxième catégorie ont d'ailleurs soulevé des difficultés avec la British Broadcasting Company et ces difficultés ne sont pas encore réglées d'une manière satisfaisante.

Une taxe de 10 shillings par an est payable tant que dure la licence.

La formule de la licence de 1re catégorie est conforme au modèle ci-après :

LICENCE DE T.S.F. — LOI DE T.S.F. DE 1904 POUR INFORMATIONS GÉNÉRALES.

Licence en vue de l'établissement d'un poste de réception.

M......... (nom en toutes lettres).....

de......... (adresse complète).........

est autorisé (moyennant acceptation de toutes les conditions indiquées au verso) à établir un poste de T.S.F. dans le but de recevoir des messages à..... (adresse du poste) pendant une période finissant le..... (date d'expiration) prochain.

Cette licence sert d'accusé de réception de 10 shillings, montant de la taxe.

En date du..... 192

Délivré pour le Postmaster General

.....

Pr le Postmaster

signature du détenteur de la licence.....

Si on désire conserver le poste après la date d'expiration, on doit se faire délivrer une nouvelle licence dans les 15 jours qui suivent cette date ; des sanctions sévères sont prescrites par la loi de T.S.F. de 1904 si l'établissement d'un poste de T.S.F. sans l'autorisation du Postmaster est prouvé.

L'appareil utilisé en vertu de cette licence doit porter le timbre B B C.

Conditions :

1. Le détenteur d'une licence ne permettra pas que le poste soit utilisé dans un autre but que celui de recevoir des messages.

2. Toute installation de réception, et un quelconque des éléments de poste ci-après : amplificateur (valve ou autre), casques de réception, haut parleurs, utilisés en vertu de cette licence, doivent porter le timbre indiqué dans la marge.

3. Le poste doit être utilisé de façon à ne pas gêner le fonctionnement des autres postes. En particulier, les valves doivent être reliées de façon à ne pas causer d'oscillations dans l'antenne.

4. La hauteur et la longueur combinées de l'antenne (quand une antenne est utilisée) ne doivent pas dépasser 100 pieds.

5. Le détenteur d'une licence ne divulguera ni ne permettra qu'aucun message soit divulgué à toute personne autre qu'un agent dûment qualifié par le Gouvernement de sa Majesté ou un tribunal légal compétent et ne se servira d'aucun message reçu au moyen de son poste, autre que les signaux horaires, séances musicales et messages d'informations générales.

6. Le poste pourra être contrôlé à toute heure raisonnable par des agents du Post Office dûment qualifiés.

7. Cette licence peut être supprimée par le Postmaster General à n'importe quel moment, soit par note individuelle envoyée par poste au titulaire de la licence à l'adresse indiquée ci-contre soit par un avis général inséré dans la gazette de Londres et visant tous les détenteurs de licences de T.S.F. pour messages d'informations générales.

N.B. — Les licences ne peuvent être délivrées qu'à des personnes majeures et tout changement d'adresse doit être communiqué sans retard au Postmaster qui a délivré la licence.

Transmission des prévisions du temps par téléphone. — Le Post Office britannique a organisé un service de transmission des prévisions du temps ; il fonctionne depuis le 1er mai 1923. Les bulletins sont établis par le Service météorologique du Ministère de l'Aviation et transmis, dans l'après-midi, à tous les centraux téléphoniques du territoire. Pour plus de commodité, la Grande-



Bretagne a été divisée en 40 régions. Tous les jours — même les dimanches et fêtes — de 17 à 24 heures, le public peut se renseigner sur le temps qu'il fera le lendemain dans la région.

Le prix d'un avis est le même que pour une communication téléphonique ordinaire. Le nouveau service a été créé surtout pour les populations rurales (fermiers isolés, etc.), mais tous les abonnés indistinctement peuvent en profiter en payant la taxe réglementaire. A noter que le service est gratuit pour les abonnés ruraux desservis par une ligne partagée (« party line »).

Lignes sous-marines à grande vitesse. — Plusieurs articles ont paru ces derniers temps dans divers journaux anglais et américains sur le projet de pose entre l'Europe et les États-Unis de lignes sous-marines à grande vitesse.

L'innovation doit consister en un câble à self uniformément répartie (Système Krarup), non pas avec un enroulement de fer ordinaire (ce qui existe déjà par exemple sur un des câbles téléphoniques Calais-Douvres), mais avec certains alliages composés de fer, nickel et chrome, et dont la perméabilité magnétique serait de 7 ou 8 fois celle du fer.

Le rendement de câbles inductifs construits avec ces alliages serait, dans un seul sens, dix fois supérieur à celui d'une même ligne sans self.

Des expériences concluantes ont été faites en Amérique et en Angleterre ; mais avant de s'engager dans la voie nouvelle, il faut s'assurer de la permanence avec le temps, des propriétés magnétiques des alliages trouvés.

Le Commercial Cable C° n'a pas voulu attendre la complète résolution du problème ; elle a préféré s'en tenir aux anciens errements, mais en adoptant une âme énorme comportant 500 kg. de cuivre et 200 kg. de gutta-percha.

Le câble correspondant, en cours de construction, aura environ 1.750 milles nautiques de longueur et sera posé en septembre entre Canso (Cap Breton) et Fayal (Açores).

Le K.R. du câble sera d'environ 1, 2 et son rendement de

550 lettres à la minute dans chaque sens, le câble travaillant en Duplex.

Téléphonie automatique. Le système à relais. — *La Commission des Annales a reçu la lettre suivante de la* « Relay Automatic Telephone C° » :

Messieurs,

Nous remarquons que, dans les Annales de juin 1923, vous publiez un extrait d'articles parus dans la revue « Engineering » concernant notre système. Cet extrait pourrait, nous croyons, donner lieu à des malentendus en ce qui concerne la valeur maximum de la résistance des lignes d'abonnés. Il n'est peut-être pas très clair que ces valeurs se rapportent à notre petit modèle de tableaux pour services privés : c'est-à-dire pour bureaux, usines, etc., ce modèle étant un système à 24 volts ; même dans ce cas, nous ne nous limitons pas à 250 ohms étant donné que l'addition d'appareils de longues distances nous permet d'envoyer, avec succès, des impulsions sur des lignes dont la résistance atteint plus de 3.000 ohms.

De plus, avec notre système pour services publics à 32 volts, la résistance des lignes d'abonnés peut atteindre plus de 750 ohms sans nécessiter l'emploi d'appareils spéciaux.

La refonte imminente de la législation postale en Allemagne. — Au cours d'un article publié par la revue *Zeitschrift für Verkehrswissenschaft* (n° 1, 1923), le Dr Staedler étudie la législation postale en vigueur aujourd'hui en Allemagne et examine dans quel sens il conviendrait d'en opérer la refonte projetée pour lui donner la clarté, la précision et la concision qui font actuellement défaut. A l'origine, les lois tirées du Code prussien s'appliquaient à la Poste considérée principalement comme Service de transport (missives, paquets, personnes). Elles ont été modifiées, complétées à différentes reprises, au fur et mesure que les attributions de la Poste devenaient plus nombreuses, et elles ne s'adaptent plus aux conditions d'exploitation et aux conditions économiques actuelles.

Après avoir supprimé toute la réglementation devenue caduque, on pourrait, en s'inspirant du Code civil, remanier les lois à conserver, notamment celles qui se rapportent aux responsabilités de l'Administration, aux droits respectifs des expéditeurs et des destinataires, aux contraventions, etc...

BIBLIOGRAPHIE

A. — Bibliothèque des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones.

Télégraphie et téléphonie sans fil, par M. Veaux, Ingénieur des Postes et Télégraphes. — Paris, Librairie de l'Enseignement technique, 3, rue Thénard, Paris (V). — 1 vol. grand in-8° de 312 pages, 363 figures, Prix : 25 francs.

Cet ouvrage représente l'ensemble des conférences faites à l'École supérieure des Postes et Télégraphes par M. Veaux, Ingénieur des Postes et Télégraphes.

Exposées sous une forme toute nouvelle et originale ces conférences appuyées de nombreux schémas très clairs et soigneusement revus, s'adressent à tous ceux, professionnels et amateurs, qui désirent se rendre un compte exact des phénomènes utilisés dans la pratique des postes de T.S.F.

Bien que renfermant des renseignements d'une réelle valeur scientifique, ce livre, d'une lecture facile, peut être suivi par tous ceux qui s'intéressent aux questions de la radiotélégraphie ; l'auteur, en effet, s'est ingénié à écarter tous les calculs par trop compliqués qui ne sont pas d'une nécessité absolue pour se faire une idée exacte des théories qne l'on ne trouve, dans la plupart des traités qu'accompagnés de formules rébarbatives.

Les jeunes gens qui recherchent une carrière dans une des nombreuses branches de la T.S.F. auront, ce qui leur manquait jusqu'ici, un guide précieux pour la préparation aux divers examens : sous-ingénieur et agent des P.T.T., officier radiotélégraphiste, opérateur de la marine marchande ; aviation, compagnies d'exploitation de T.S.F. en France et aux colonies.

Les amateurs, souvent désorientés et parfois même découragés par les difficultés qui viennent entraver leurs expériences, trouve-

ront des explications détaillées sur les montages les plus récents de transmission et de réception.

D'autre part, l'étude des nombreux schémas contenus dans ce recueil (près de 400) facilitera à tous la recherche raisonnée des causes de dérangements qui font si souvent le désespoir des amateurs livrés à eux-mêmes.

TABLE DES MATIÈRES

Emploi de l'arc H.F. pour la production d'ondes entretenues : Étude d'une analogie mécanique. — Étude de l'arc électrique. — Arc Poulsen.

Alternateurs haute fréquence : Généralités. — Alternateurs haute fréquence basés sur des artifices d'ordre mécanique. — Alternateurs H.F. basés sur des artifices d'ordre électrique. — Étude particulière des alternateurs H.F. de la Société française radioélectrique.

Chapitre IV. — *Réception des ondes entretenues :* Généralités. — Réception des ondes entretenues au moyen d'une hétérodyne.

Chapitre V. — *Emploi des cadres pour la réception. Radiogoniométrie :* Généralités. — Théorie succincte des cadres. — Calcul simple d'un cadre. Radiogoniométrie.

Chapitre VI. — *Radiotéléphonie :* Constitution d'une communication par téléphonie sans fil. — Poste d'émission radiotéléphonique. — Poste de réception radiotéléphonique.

Chapitre VII. — *Propagation des ondes à la surface de la terre. — Perturbations parasites :* Généralités. — Lois de la propagation à la surface de la terre. — Perturbations parasites ou atmosphériques. — Applications.

Chapitre VIII. — *Contrôleurs d'ondes. Usages :* Généralités. — Contrôleur d'onde. — Usages du contrôleur d'onde. — Autres mesures en T.S.F.

4e Partie : *Étude du réseau français de T.S.F. de l'Administration des P. T.T. Méthodes d'exploitation.* — Généralités. — Réseau des grands postes. — Réseau des postes intérieurs. — Réseau des postes côtiers. — Activité du réseau des P.T.T.

B. — Ouvrages divers.

La téléphonie sans fil pour tous, par René Brocard ; préface de Jean Becquerel, professeur de Physique appliquée au Muséum, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées. Édité par la « Science et la Vie », 13, rue d'Enghien, Paris X. 1 vol. de 200 pages, 77 dessins. Prix : 6 francs.

Ce qui caractérise cet ouvrage, c'est qu'il traite exclusivement de la téléphonie sans fil et presque uniquement de la réception des émissions radiotéléphoniques. Pas d'historique oiseux, rien sur la télégraphie sans fil, la télévision et la télémécanique. C'est un exposé précis et clair de toutes les notions déduites de l'expérience par les meilleurs spécialistes actuels.

Radiotélégraphie et radiotéléphonie à la portée de

tous, par G. Malgorn. Paris, Gauthier-Villars et Cie. 1 vol. de 231 pages avec 160 figures. Prix : 10 francs.

Avec la radiotéléphonie une nouvelle catégorie de lecteurs s'est créée, celle du grand public qui veut simplement connaître le principe de l'appareil qu'il emploie et la façon d'en tirer le meilleur parti. C'est à cette catégorie de lecteurs que cet ouvrage s'adresse.

L'éclairage (*Solutions modernes des problèmes d'éclairage industriel*), par E. Darmois, Ingénieur. Paris, Gauthier-Villars et Cie. 1 vol. in-8° de 280 pages. Prix : 15 francs.

Née en France, avec les études de M. Blondel, la science de l'Éclairage méthodique a pris un développement considérable aux États-Unis d'Amérique où elle joue un rôle de premier plan dans l'étude des installations industrielles. A la netteté scientifique, l'ouvrage de M. Darmois, publié par l'Encyclopédie Léauté, allie la documentation techniqne et pratique la plus avertie.

Les économies de combustibles.— Conduite rationnelle des foyers, par Pierre Appel, Secrétaire général de l'Office central de Chauffe rationnelle. Paris, Gauthiers-Villars et Cie. 1 vol. in-8° (23 × 175) de 342 pages avec 72 figures. Prix : 17 francs.

Les Isotopes, par A. Damiens, Docteur ès sciences, Professeur agrégé à la Faculté de Pharmacie de Paris. Paris, Gauthiers-Villars et Cie, 1 vol. in-8° (25 × 16) de 118 pages et 33 figures. Prix : 12 francs.

BREVETS D'INVENTION(1)

1re addition au brevet n° 541.331. — Système d'audition sélectif antiparasite efficace par résonnateurs successifs, constituant ensemble un récepteur acoustique différentiel en télégraphie sans fil. — MM. Léon-Jean-Baptiste Verdier et Georges Papoutchian Kevork. — France.

1re addition au brevet n° 541.180. — Perfectionnements apportés aux systèmes à signaux sélectifs et appareils correspondants fonctionnant sélectivement. — Société Le matériel téléphonique. — France.

19e addition au brevet n° 512.295. — Perfectionnements dans les appareils avec lampes-relais ou amplificateurs. — M. Marius Latour. — France.

1re addition addition au brevet n° 503.942. — Perfectionnements apportés aux installations électriques, telles, notamment que celles pour télégraphie et téléphonie à haute fréquence comportant des lampes à trois électrodes destinées à engendrer des ondes entretenues dans un circuit oscillant. — M. Georges-Armand Beauvais. — France.

1re addition au brevet n° 533.800. — Perfectionements en radiotélégraphie multiplex. — M. Henri Abraham. — France.

550.943. — Système de réception des ondes électro-magnétiques ou des courants électriques à période constante, sélectif et anti-parasite — Société : International Wireless Appliances Corporation. — France.

550.953. — Système de transmission des couleurs par télégraphie sans fil et avec fils. — M. Augustin Riu Moulins. — Ile de Cuba.

551.069. — Système de détection et de réception des ondes électromagnétiques à haute fréquence de période constante, sélectif et antiparasite. — Société : International Wireless Appliances Corporation — France.

551.126. — Perfectionnements apportés aux réseaux téléphoniques

---

(1) Les descriptions (notices et dessins) relatives aux brevets sont en vente à l'Imprimerie Nationale, 87, rue Vieille-du-Temple, Paris (IIIe).

sélectifs. — M. Ruber Christopher Miller Hastings. — États-Unis d'Amérique.

551.127. — Systèmes téléphoniques à comptage. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

551.146. — Bobine de charge pour lignes de transmission de signaux électriques. — M. Kurt de Wysiecki. — Suisse.

551.169. — Tube à gaz raréfié à trois électrodes pour l'actionnement d'un relais ou de tout autre dispositif électrique. — Société : Société d'études pour liaisons téléphoniques et télégraphiques à longue distance. — France.

551.206. — Mécanisme connecteur perfectionné à l'usage de systèmes téléphoniques ou autres. — M. Henry Spottswood Conrad. — États-Unis d'Amérique.

551.207. — Dispositif de relais pour systèmes téléphoniques automatiques ou autres analogues. — M. Henry Spottswood Conrad. — États-Unis d'Amérique.

551.208. — Mécanisme combinateur ou similaire applicable aux systèmes téléphoniques, etc. — M. Henry Spottswood Conrad. — États-Unis d'Amérique.

551.209. — Mécanisme commutateur perfectionné. — M. Henry Spottswood Conrad. — États-Unis d'Amérique.

551.210. — Perfectionnements aux systèmes téléphoniques. — M. Henry Spottswood Conrad. — États-Unis d'Amérique.

551.211. — Perfectionnements aux appareils téléphoniques. — M. Henry Spottswood Conrad. — États-Unis d'Amérique.

551.212. — Appareil destiné à être utilisé dans les systèmes téléphoniques. — M. Spottswood Conrad. — États-Unis d'Amérique.

551.269. — Perfectionnements aux dispositifs de réglage et de commande pour sélecteurs dans les téléphones automatiques ou semi-automatiques. — M. Carl Axel Wilhelm Hultman. — Suède.

551.290. — Perfectionnements aux dispositifs à émission thermoionique ou thermo-électronique. — Société : Marconi's Wireless Telegraph Company. — Angleterre.

On sait que la relation entre le voltage appliqué à un tube à vide et le courant qui parcourt l'espace inter-électrodes de ce tube n'est jamais linéaire que dans une région très restreinte de sa courbe représentative.

Il est souvent avantageux que les caractéristiques des circuits de grille et de plaque soient régies par des lois linéaires. Pour y parvenir, on introduit dans le circuit plaque d'un tube, une résistance de grande valeur par rapport à la résistance du tube, de telle sorte que la relation voltage-courant de ce système combiné soit principalement fonction de la résistance, et, de plus, comme l'inclinaison de la caractéristique d'un tel ensemble est très inférieure à celle correspondant à un tube en montage ordinaire, on dispose en parallèle plusieurs de ces ensembles tube-résistance afin de pouvoir donner à la caractéristique de la combinaison totale toute inclinaison désirée.

Le résultat ainsi obtenu est une caractéristique dont la courbure est réduite proportionnellement au nombre de tubes utilisés et à la valeur de la résistance placée en série avec chaque tube.

551.427. — Systèmes téléphoniques à comptage. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

551.431. — Disposition pour la compensation de la capacité dans les lignes téléphoniques, à l'aide de condensateurs. — Société : Felten et Guilleaume Carlswerk Aktiengesellschaft. — Allemagne.

551.496. — Compteur avertisseur électrique pour contrôler la durée des conversations téléphoniques. — Fabriques des montres Zénith, Successeur de fabriques des montres Zénith Georges, Favre-Jacot et Cie. — Suisse.

551.535. — Système distributeur d'essais perfectionné. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

551.545. — Perfectionnements aux transmetteurs d'ordres. — M. Lucien Vialet-Chabrand. — France.

551.573. — Standardisation des éléments d'appareils de T.S.F. — Société anonyme des constructions électriques de Boulogne-sur-Seine. — France.

551.589. — Perfectionnements apportés aux appareils commutateurs sélecteurs automatiques. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

551.646. — Récepteur sélecteur pour télégraphie multiplex et commande à distance par fil. — Société française radio-électrique. — France.

551.667. — Système d'appel sélectif pour postes téléphoniques et télégraphiques. — M. Vendredy. — France.

551.672. — Perfectionnements apportés à la réception des signaux à

haute fréquence. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

551.726. — Perfectionnements à l'enregistrement photographique de signaux électriques. — M. John Hettinger et Société : C.A. Vandervell and Company. — Angleterre.

551.847. — Sélecteur d'appel. — Société française radio-électrique. — France.

551.897. — Système de poste à prépaiement du type Gray. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

551.898. — Ligne de service superposée. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

551.913. — Perfectionnements à la radiosignalisation. — Société : Marconi's Wireless Telegraph Company. — Angleterre.

551.982. — Installation pour translateur téléphonique. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

552.061. — Système téléphonique semi-automatique avec service distinctif. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

552.090. — Procédé de reproduction des photographies ou autres et appareil en permettant la réalisation. — Société : Mill's Novelty Company. — États-Unis d'Amérique.

552.116. — Perfectionnements aux relais pour la réception de signaux, vibrations ou analogues. — M. Cyril Percy Ryan. — Angleterre.

552.130. — Méthode pour former un code. — M. Marcelino Arango. — États-Unis d'Amérique.

552.137. — Dispositif antiparasite par réaction et limitation. — Société française radio-électrique. — France.

552.155. — Perfectionnements aux dispositifs de prise de terre des antennes radioélectriques. — Société française radioélectrique. — France.

552.184. — Perfectionnements apportés aux transmissions téléphoniques et télégraphiques au moyen d'ondes électriques transmises par conducteurs. — Société : Dr. Erich F. Huth G.m.b.H. — Allemagne.

552.294. — Systèmes radio-récepteurs. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

552.334. — Dispositif de protection pour lignes téléphoniques voisines de lignes haute tension. — Société industrielle des téléphones (Constructions électriques, caoutchouc, câbles). — France.

552.380. — Perfectionnements apportés aux commutateurs sélecteurs utilisés dans les bureaux centraux téléphoniques automatiques. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

552.469. — Perfectionnements aux récepteurs téléphoniques et analogues. — Société : The Magnavox Company. — États-Unis d'Amérique.

552.606. — Perfectionnements dans les installations téléphoniques utilisant des dispositifs indicateurs d'appels. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

552.659. — Dispositif de montage amovible des éléments de batteries pour télégraphie sans fil. — Raison sociale : Établissements Paul Gadot. — France.

552.696. — Perfectionnements à la télégraphie électrique. — M. Fréderick-Eugène Pernot. — États-Unis d'Amérique.

552.751. — Appareil manipulateur Morse automatique. — MM. Eugène Jonesco et Basile Robesco. — France.

552.787. — Interrupteur perfectionné, du type trembleur, pour produire le son d'occupation. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

552.788. — Signal transmis sur une ligne d'abonné occupée, lorsque demandée par un autre abonné. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

552.837. — Perfectionnements aux systèmes téléphoniques. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

552.883. — Nouveau radiateur d'ondes. — M. Lucien Lévy. — France.

552.912. — Perfectionnement apporté aux lignes chargées servant à la transmission de courants téléphoniques. — Société : le Matériel téléphonique. — France.

552.932. — Perfectionnements aux procédés de bobinage et aux cadres bobinés de réception pour la T.S.F. — M. Pierre-René-Georges Nicolardot. — France.

553.049. — Perfectionnements aux systèmes sélecteurs, plus parti-

culièrement pour télégraphes imprimeurs. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

553.079. — Système électrique de communication par signaux. — M. Edwin Howard Armstrong. — États-Unis d'Amérique.

553.148. — Méthode de transmission à distance des images photographiques avec les appareils télégraphiques, téléphoniques et radiotélégraphiques ordinaires. — M. Umberto Ellero et Pietro Ellero. — Italie.

553.168. — Système de radio-signalisation. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

Ce système permet la transmission et la réception simultanées des signaux à l'aide d'une seule antenne. A cet effet, on associe à l'antenne un circuit oscillant fermé qui est proportionné et accouplé à l'antenne de telle façon que l'antenne soit en résonance pour deux fréquences différentes. Les signaux à transmettre sont émis à l'une des fréquences pour lesquelles l'antenne est en résonance, et la deuxième fréquence de résonance de l'antenne est choisie de manière à correspondre à la fréquence de signaux que l'on doit recevoir. Dans ces conditions, les variations de potentiel de la source émettrice sont évidemment appliquées au circuit récepteur. Afin de neutraliser l'effet, sur le circuit récepteur, de ces variations de potentiel, on dérive, de la source émettrice et on applique directement sur le circuit récepteur, un potentiel de valeur égale et opposée (au point de vue phase) au potentiel de la source émettrice qui est appliqué sur le circuit récepteur par l'antenne.

553.182. — Perfectionnements aux systèmes radiorécepteurs. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

553.183. — Perfectionnements aux systèmes radioémetteurs. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

553.233. — Appel mixte pour standard à batterie centrale permettant l'emploi des opérateurs aveugles. — M. Paul Ferran. — France.

553.255. — Appareil enregistreur pour la radio-signalisation. — M. Adrien Colleye. — Belgique.

553.265. — Appareil pour faciliter l'apprentissage de la lecture au son en T.S.F. — M. Pierre Bafour. — France.

553.341. — Perfectionnements apportés aux dispositifs commutateurs particulièrement utilisés dans les systèmes téléphoniques. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

553.384. — Cadres sectionnés de tableau de distribution. — Société : Dictograph Products Corporation. — États-Unis d'Amérique.

553.400. — Boites d'essais électriques pour conducteurs télégraphiques et téléphoniques. — MM. Rodolphe Henry et Léon Afflard. — France.

553.428. — Perfectionnements aux antennes. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

553.457. — Téléphone. — Société : Signal Gesellschaft. — Allemagne.

553.511. — Perfectionnements aux microphones. — M. Narcisse-Maurice Strobel.— France.

553.526. — Perfectionnements aux appareils à décharge électronique. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

553.534. — Méthode et appareil pour une réception sélective des signaux. — M. John Scott-Taggart. — Angleterre.

553.548. — Perfectionnements aux transmetteurs électriques pour la télégraphie automatique. — M. Frederick George Creed et société dite : Creed and Company Limited. — Angleterre.

553.574. — Perfectionnement aux appareils de réception. de T.S.F. à haute fréquence par le radiogoniophone. — M. Victor-Jean Brochard. — Martinique.

553.681. — Câble sous-marin pour installations télégraphiques et téléphoniques. — Société : Siemens-Schuckert Werke-Gesellschaft mit beschrankter Haftung. — Allemagne.

553.708. — Perfectionnement apporté au dispositif de réglage de l'entrefer des écouteurs téléphoniques. — Anciens établissements Edmond Picard (Société anonyme). — France.

553.829. — Dispositif de commutateurs pour bureaux téléphoniques automatiques et analogues. — M. Guido Alfani et Leandro Mazza. — Italie.

552.840. — Appareil permettant pour la réception de la T.S.F. de remplacer les antennes par les lignes d'un secteur électrique. — MM. Pierre-André Leroy et Marcel-Jean Lachaussée. — France.

553.845. — Postes d'intercommunication à boutons automatiques, avec secret sur les lignes de réseau et les lignes privées au moyen de verrous magnétiques. — Société industrielle des téléphones (Constructions électriques, caoutchouc, câbles). — France.



553.882. — Perfectionnements à la téléphonie automatique. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

553.884. — Transformateur applicable à la téléphonie, aux amplificateurs et susceptible d'applications analogues. — M. Abel Paulmier. — France.

553.938. — Perfectionnements aux systèmes télégraphiques. — Société : The Western Union Telegraph. — États-Unis d'Amérique.

554.055. — Perfectionnements apportés aux systèmes téléphoniques et dispositif commutateur s'y rapportant. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

Le Gérant,

Léon EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS.

ANNÉE. — N° 10. OCTOBRE 1923. PRIX : 3 fr.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE.
3 RUE THÉNARD. PARIS. Ve.

Prix de l'Abonnement annuel : France .... 30 francs ; Etranger .... 34 francs

553.882. — Perfectionnements à la téléphonie automatique. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

553.884. — Transformateur applicable à la téléphonie, aux amplificateurs et susceptible d'applications analogues. — M. Abel Paulmier. — France.

553.938. — Perfectionnements aux systèmes télégraphiques. — Société : The Western Union Telegraph. — États-Unis d'Amérique.

554.055. — Perfectionnements apportés aux systèmes téléphoniques et dispositif commutateur s'y rapportant. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

Le Gérant,
Léon EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS.

ANNÉE. — N° 10. OCTOBRE 1923. PRIX : 3 fr.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS
D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE.
3 RUE THÉNARD. PARIS. Ve.

Prix de l'Abonnement annuel : France .... 30 francs ; Etranger .... 34 francs.

COMMISSION DES ANNALES

DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une Commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes.*

Cette Commission se réunit à l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VII[e].

NOTA : La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

QUELLES SONT LES ERREURS QU'IL FAUT ÉVITER DANS L'ÉTABLISSEMENT D'UN POSTE RÉCEPTEUR RADIOTÉLÉPHONIQUE POUR L'ONDE DE 450 MÈTRES (*suite*) (1)

II. Circuits secondaires.

Les circuits secondaires ont pour but de conduire au détecteur les oscillations électromagnétiques à haute fréquence recueillies par le circuit primaire. L'amplitude de ces oscillations peut être accrue, avant la détection, par l'emploi d'un *amplificateur à haute fréquence*, qui doit être considéré comme faisant partie des circuits secondaires. Laissant, pour le moment, celui-ci de côté, nous allons examiner les conditions de fonctionnement des circuits secondaires proprement dits, se terminant à la grille de la première lampe amplificatrice à haute fréquence, ou à défaut, au détecteur.

Les circuits secondaires se classent en deux groupes principaux :

a) *circuits périodiques*, auxquels les oscillations sont transmises, sans l'intervention d'aucune nouvelle résonance. Cette catégorie de récepteurs n'utilisant pas de résonance secondaire comprend certains récepteurs très simples dans lesquels le circuit secondaire est supprimé.

b) *circuits à résonance*, destinés à être accordés sur l'onde que l'on désire recevoir.

a) *Circuits apériodiques.* — On emploie couramment les circuits secondaires apériodiques dans les récepteurs à cadres, ainsi que dans les réceptions par antenne utilisant le montage dit « en dérivation sur la self d'antenne ». Le principe en est le suivant :

(1) Consulter les n[os] de juin et août 1923 des *Annales des P. T. T.*



Un circuit primaire de réception, accordé sur la longueur d'onde d'un poste émetteur, est parcouru par un courant qui produit entre les bornes A et B du cadre ou de la self d'antenne (fig. 9 et 10), une différence de potentiels à haute fréquence. On utilise directement cette différence de potentiels en plaçant le

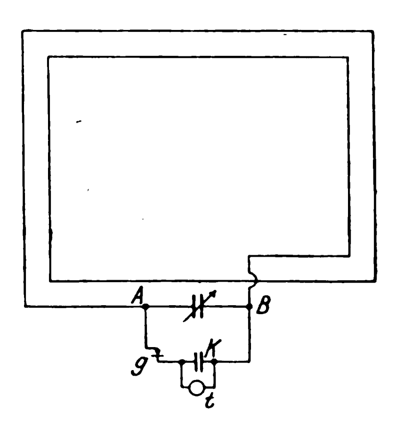


Fig. 9. — Montage en dérivation sur (cadre détecteur à cristal).

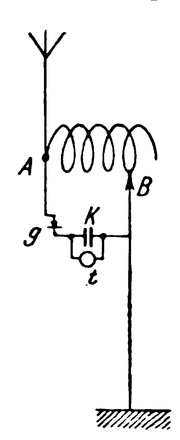


Fig. 10.— Montage en dérivation sur self d'antenne (détecteur à cristal).

détecteur en *dérivation* entre ces bornes : dans le cas de la réception sur galène, cette dérivation, qui constitue le circuit secondaire, comprend seulement le détecteur à cristal *g* et un condenseur fixe *k* d'une capacité égale à 2 millimètres de microfarad environ, aux bornes duquel sont reliés les écouteurs téléphoniques *t*. Lorsqu'une lampe sert de détecteur ou d'amplificateur à haute fréquence, la différence de potentiels recueillie entre les bornes primaires A et B, est appliquée directement sur la grille de cette lampe. Les figures 11 et 12 représentent le montage dans le cas d'une lampe détectrice. La détection est obtenue en intercalant, sur le circuit de grille, un petit condenseur *k*, shunté par une forte résistance *s*.

Dans les schémas précédents, le circuit secondaire proprement dit est, en réalité, complètement supprimé : Il ne reste, outre le circuit primaire (cadre ou antenne), que le détecteur, lui-même relié aux appareils à basse fréquence — tels que les écou-

teurs téléphoniques. — De semblables montages, réduisant au minimum les réglages, sont très appréciés des amateurs, en raison de leur grande simplicité. Lors de l'emploi du détecteur à cristal, la réception par antenne est généralement préférée à la réception par cadre, en raison de son meilleur rendement et de la facilité de réalisation d'une antenne de courte longueur, appropriée à l'onde de 450 mètres. Une réception par antenne avec montage

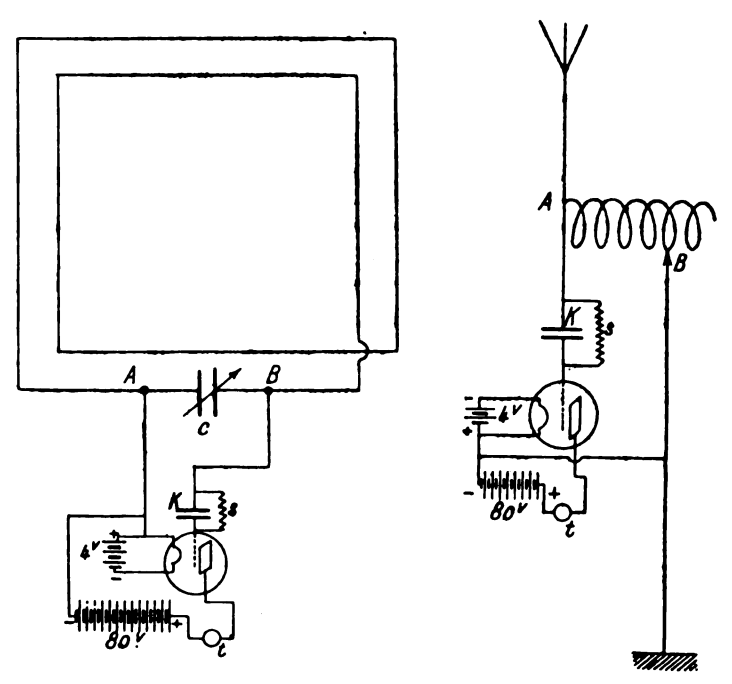


Fig. 11. — Montage en dérivation sur cadre avec lampe détectrice.

Fig. 12. — Montage en dérivation sur self d'antenne avec lampe détectrice.

en dérivation sur la self d'antenne nécessite quelques précautions faute desquelles on risque d'aboutir à un échec. La manière de réaliser simplement et correctement ce montage, a été exposée dans un article paru dans le numéro de mai 1923 des *Annales des Postes et Télégraphes.* Cet article recommande l'emploi d'une self d'antenne *sans curseur* comprenant un nombre de spires

déterminé par tâtonnement de manière à obtenir l'accord du poste récepteur sur l'onde de 450 mètres (fig. 13).

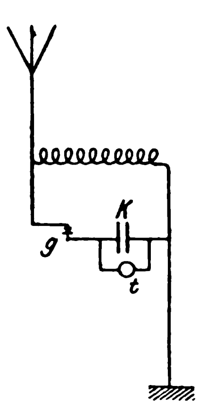


Fig. 13. — Réception par dérivation sur une self d'antenne sans curseur.

Un semblable montage, ne comportant aucune spire inutile, évite les pertes d'énergie par résonances parasites et par induction dans des spires mises en court-circuit par un curseur trop large. A ce propos, nous signalerons qu'il faut éviter d'utiliser pour les ondes de 450 mètres des boîtes de réception par dérivation sur la self d'antenne, établies pour l'écoute des signaux horaires radiotélégraphiques, qui sont transmis sur des longueurs d'onde à 2.000 mètres.

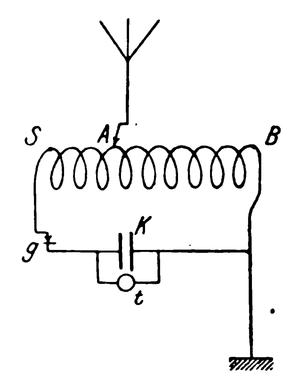


Fig. 14. — Montage en dérivation sur la self à *rejeter* pour l'onde de 450 m.

Le montage de ces boîtes est, en général, conforme au schéma

de la figure 14. La dérivation comprenant le système détecteur est branchée, de manière invariable, entre les deux bornes extrêmes, S et B, d'une bobine de self. La prise de terre est réunie à l'une de ces bornes, B, et l'antenne est reliée au curseur mobile A, à l'aide duquel on réalise l'accord du circuit antenne-terre, par réglage de la portion de self AB. Avec un semblable montage, une portion de self AS se trouve introduite dans le circuit du détecteur. *Pour les ondes de l'ordre de 2.000 mètres*, et une antenne d'amateur de dimension courante, le réglage s'obtient généralement pour une position du curseur A voisine du point S. La portion de self AS est alors réduite à quelques tours de fil, et, si la longueur d'onde est relativement grande, il n'y a pas d'inconvénient à intercaler ces quelques spires dans le circuit du détecteur. Il n'en va pas plus de même lors de la

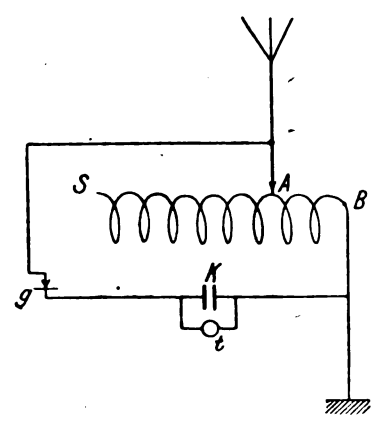


Fig. 15.

réception, avec le même appareil, *des ondes de 450 mètres* de longueur : le curseur A doit être amené, pour l'accord du circuit antenne-terre, non loin de l'extrémité B de la bobine ; la portion de self AS, intercalée dans le circuit du détecteur, devient beaucoup trop grande et ne laisse parvenir que très imparfaitement au détecteur les oscillations du circuit primaire. On peut modifier légèrement le montage de la boîte en laissant isolée l'extrémité S de la bobine de self, et en reliant directement le détecteur *g* au curseur A (fig. 15), mais en ce cas, des résonances

parasites prennent naissance dans la portion de self inutilisée AS; l'énergie transmise au détecteur se trouve alors diminuée et la réception laisse beaucoup à désirer. Mieux vaut, en pareil cas, remanier entièrement la constitution de la boîte, en supprimant les spires inutiles, en espaçant davantage les spires utilisées, afin de satisfaire aux conditions imposées par la longueur d'onde de 450 mètres.

Enfin, pour avoir un bon rendement, une réception par dérivation sur la self d'antenne doit être munie d'une antenne *bien proportionnée*, dont la longueur ne soit *ni trop grande*, *ni trop petite* : Une antenne de longueur relativement grande, ayant une longueur d'onde propre atteignant presque 450 mètres, n'aura besoin, pour être accordée, que d'une très petite self d'antenne. Entre les bornes d'une petite self d'antenne, il ne peut exister qu'une différence de potentiels très minime, aussi la dérivation comprenant le détecteur ne reçoit-elle qu'un courant extrêmement faible, et la réception laisse à désirer. Une antenne très courte ne donnerait pas non plus de bons résultats en raison du peu d'énergie qu'elle recueillerait. Il y a donc une longueur d'antenne optima, comprise entre ces deux extrêmes. Pour l'onde de 450 mètres, une longueur totale de 15 à 18 mètres pour *l'ensemble du circuit ntenne-terre* donne en général un résultat satisfaisant. Si en vue de recueillir une énergie plus grande, on désire installer une antenne plus développée, mieux vaut alors renoncer au montage apériodique par dérivation sur la self d'antenne, pour adopter un montage *à circuit secondaire à résonance.*

b) *Circuits secondaires à résonance.* — L'emploi des circuits secondaires à résonance est très répandu dans les réceptions par antenne. Un semblable circuit comporte un *circuit oscillant*, le long duquel résonnent les oscillations recueillies par l'antenne. Celles-ci sont transmises du circuit primaire au secondaire par induction électromagnétique entre les self primaire et secondaire P et S (fig. 16).

Ces deux bobines constituent un véritable transformateur, que l'on désigne sous le nom de transformateur Tesla.

La figure 16 représente un montage de poste récepteur à galène

avec bobines Tesla. Dans cette figure, le circuit oscillant secondaire, constitué par la self S et le condensateur variable C, est accordé par variation de la capacité de C. Avec ce montage, il

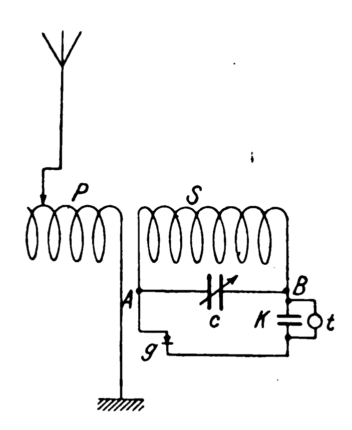


Fig. 16. — Montage d'une réception avec détecteur à cristal utilisant le transformateur Tesla.

est possible d'utiliser une self fixe, d'une valeur voisine de 1/4 millihenry, constituée par une galette « fond de panier » que l'on montera en variomètre par rapport à la bobine primaire P, afin de pouvoir faire varier le couplage des deux bobines.

Les précautions à prendre, pour la constitution des bobines du transformateur Tesla, quant à leurs dimensions et leur bobinage sont analogues à celles qui ont déjà été signalées à propos des circuits primaires : la bobine P qui est une self d'antenne, augmente la longueur d'onde propre de l'antenne ; la bobine S doit avoir une longueur d'onde propre notablement inférieure à 450 mètres ; c'est pourquoi une seule « fond de panier » de 10 cm. de diamètre, bobinée avec du fil d'au moins 4/10 mm., est suffisante.

Le réglage d'une réception par Tesla est un peu plus compliqué que celui d'une réception par dérivation sur la self d'antenne : il faut, en effet, régler à la fois le primaire et le secondaire, et donner une valeur optima au *couplage* entre les bobines P et S.

Un réglage correct et précis des circuits primaires et secondaires

assure une bonne syntonie, les transmissions parasites se trouvant éliminées par deux réglages successifs ayant tous deux pour but d'en amoindrir l'effet. En agissant sur le couplage, on amène le transformateur Tesla à réaliser les meilleures conditions de transmission des oscillations du primaire au secondaire. Un couplage trop faible, pour lequel les bobines P et S sont très éloignées ou ont leurs axes presque perpendiculaires, ne donne qu'une induction trop faible de la bobine primaire sur la bobine secondaire. Un couplage trop fort, provoque une trop grande réaction du secondaire sur le primaire; il augmente l'amortissement du circuit secondaire; il en résulte une diminution de la sensibilité et de la syntonie. D'autre part, en modifiant les périodes d'oscillations des circuits, il nécessite, à chaque variation du couplage, un nouveau réglage de la résonance des circuits primaire et secondaire.

Par contre, lorsque le couplage est convenable, le transformateur Tesla assure, dans des conditions très satisfaisantes, le passage des oscillations du primaire au secondaire : la presque totalité de l'énergie recueillie par l'antenne parvient au détecteur, et la réception ne laisse rien à désirer. On se rend compte facilement de l'avantage du montage Tesla sur le montage en dérivation sur la self d'antenne, au moyen du raisonnement suivant : avec le montage en dérivation sur la self d'antenne, on ne dispose, aux bornes de celle-ci, que *d'une partie* de la force électromotrice disponible dans l'antenne, celle-ci étant répartie sur toute la longueur du circuit antenne-terre.

Le montage inductif par transformateur Tesla mettant en jeu non plus la force électromotrice aux bornes de la self d'antenne, mais *l'intensité* qui parcourt celle-ci permet, au contraire, en raison de la résonance du circuit secondaire, d'utiliser au mieux l'énergie disponible, et d'accroître dans une proportion très sensible le rendement de l'installation.

La complication d'un montage Tesla est un peu plus grande que celle d'un montage en dérivation sur la self.

Dans le but de la diminuer en supprimant le condensateur variable, toujours onéreux, on préfère quelquefois, pour les réceptions à galène, rendre variable la self secondaire, que l'on

fait résonner avec le condensateur fixe *k* (fig. 17), auquel on donne une valeur de 1/4 de millième de microfarad.

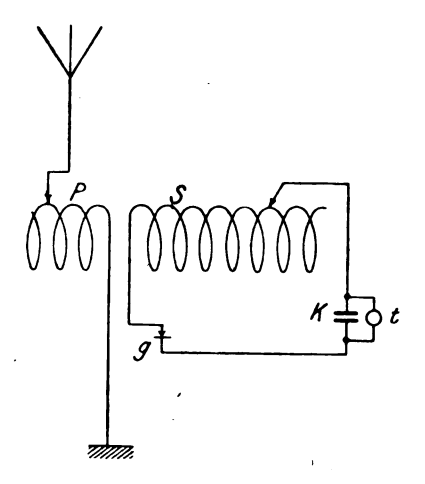


Fig. 17. — Montage Tesla simplifié.

Un tel montage ne vaut pas celui qui a été représenté sur la figure 16, car l'emploi d'une self secondaire variable implique l'existence de spires non utilisées, susceptibles d'introduire des résonances parasites toujours nuisibles. De plus, le détecteur *g* se trouve intercalé dans le circuit oscillant. Sa résistance est un obstacle à la résonance des oscillations dans ce circuit et la syntonie est moins bonne. Néanmoins, ce montage ne doit pas être systématiquement écarté car il a l'avantage de la simplicité, et peut être suffisant pour une réception par galène dans la région parisienne. Avec les réceptions par lampes, ce montage n'est pas recommandable : à cause de l'énorme résistance apparente du détecteur à lampe, le secondaire ne peut être accordé que pour une trop grande self de la bobine ; les résonances sont peu marquées, et on perd le principal avantage de la lampe, celui de réaliser des secondaires très peu amortis, permettant une excellente syntonie. On emploiera donc (fig. 18) un secondaire accordé au moyen d'un condensateur variable C, aux armatures A et B duquel on connectera le détecteur.

Un autre système de circuit secondaire à résonance est réalisé

par le montage utilisant la « bobine Oudin », que nous avons déjà mentionnée à propos des circuits primaires.

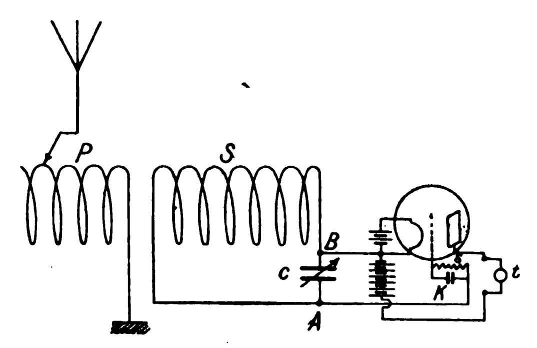


Fig. 18. — Montage Tesla pour lampe détectrice.

Une bobine Oudin n'est autre chose qu'un transformateur Tesla dans lequel la bobine primaire et la bobine secondaire sont prises sur le même enroulement. Alors que les bobines Tesla constituent un *transformateur*, la bobine Oudin réalise un *autotransformateur*. Le principe de la réception par Oudin est le même que celui de la réception par Tesla. Toutefois on se rend compte aisément qu'il n'est pas possible, avec une bobine Oudin, de régler aussi exactement le couplage à la valeur optima. Les bobines P et S

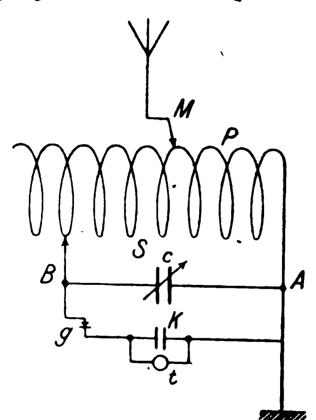


Fig. 19. — Réception par bobine Oudin avec condensateur d'accord. (Montage avec détecteur à cristal *g*).

ayant une partie commune (fig. 19), le couplage entre ces bobines est généralement *trop fort*. Il en résulte que le circuit oscillant

formé par le condensateur variable C et la portion de self (prise entre le point A et le curseur secondaire aboutissant à B), ne se trouve pas dans de très bonnes conditions de résonance. Pour diminuer ce couplage, on peut intercaler dans l'antenne une petite self d'antenne (fig. 20). Le réglage du circuit primaire, dans lequel

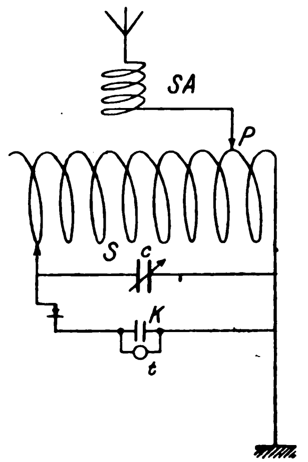


Fig. 20.— Réception par Oudin avec self d'antenne supplémentaire SA.

est intercalée cette self, s'obtient en repoussant le curseur primaire M vers l'extrémité de la bobine aboutissant en A. La valeur de la portion de self primaire P est ainsi notablement réduite, et son couplage avec la portion de self secondaire S s'en trouve ainsi automatiquement diminué. On peut alors, en donnant à la self d'antenne une valeur convenable, obtenir un couplage tout à fait satisfaisant, dans lequel la portion de self primaire P sera en général réduite à quelques spires.

Un tel montage devient, toutefois, d'une complication plus grande que celle d'un montage Tesla, et d'un maniement moins commode. D'autre part, en faisant l'étude des circuits primaires, nous avons indiqué les graves inconvénients des bobines à curseurs sous le rapport des spires mises en court-circuit par le curseur, et des résonances parasites dans les spires non utilisées. Aussi conseillerons-nous, pour les réceptions à grande distance, de renoncer à l'emploi du montage Oudin, et de le remplacer par un montage à bobines Tesla, dont on pourra commodément régler le couplage à volonté. (*A suivre.*)

LE SERVICE DE SÉCURITÉ DES AÉRONEFS

A T. S. F.

Par le Commandant FRANCK.

Sommaire. — Rôle des liaisons T.S.F. le long des routes aériennes. — Les renseignements météorologiques, leur centralisation préalable, leur diffusion sur les routes aériennes.

Liaisons avec les avions en vol, choix des longueurs d'ondes, choix du matériel, organisation des postes T.S.F. des aérodromes.

Résultats obtenus.

Le Sous-secrétaire d'État de l'Aéronautique et des Transports Aériens a assumé la charge d'organiser en France les grandes routes aériennes et en particulier d'y assurer la sécurité des aéronefs. Celle-ci dépend de l'aménagement de terrains d'atterrissage le long de la route, du balisage de cette route, de l'observation de certaines règles de circulation, et enfin d'un ensemble de renseignements nécessaires à l'aéronef et à ceux qui l'aident à terre, avant le vol et pendant le vol. Eu égard aux vitesses pratiquées en aviation, ces renseignements, pour avoir de la valeur, doivent être quasi instantanés, ce qui exige l'emploi de communications spéciales et directes entre les aérodromes. La T.S.F. se prête particulièrement bien à la réalisation économique de ces communications. Elle est aussi le seul moyen qui permette de communiquer avec les avions en vol. C'est pourquoi elle joue un rôle primordial dans l'organisation des routes aériennes. C'est le service de la Navigation Aérienne, chargé de cette organisation, qui installe et exploite les liaisons T.S.F. le long de ces routes.

Nous allons examiner le rôle qu'elles doivent remplir, la façon

dont le service de la Navigation Aérienne les a réalisées, les résultats qu'il a obtenus.

I. Rôle des liaisons T.S.F. le long des routes aériennes.

Les renseignements nécessaires à l'aéronef avant et pendant son vol concernent le temps qu'il fait et qu'il fera aux différents points de la route ; les modifications imprévues qu'il rencontrera dans le balisage de la route ou dans l'état des divers terrains où il peut atterrir.

Les renseignements nécessaires à ceux qui assurent à terre la sécurité des aéronefs concernent les mouvements des aéronefs (heures de départ et d'arrivée), les incidents de route (atterrissages ou amerrissages forcés, etc...).

Pour obtenir ces renseignements il faut :

a) réunir les résultats des observations météorologiques faites en France et à l'étranger (service de centralisation des renseignements météorologiques) ;

b) diffuser ces renseignements et les conclusions tirées de l'ensemble des observations (prévisions météorologiques) ;

c) tenir au courant tous les aérodromes d'une même route : 1° des conditions météorologiques présentes et à venir le long de la route ;

2° des mouvements des avions le long de la route (messages de route).

d) maintenir les avions en vol en liaison avec les aérodromes principaux.

La réunion et la diffusion des observations météorologiques n'intéresse pas exclusivement la Navigation Aérienne ; l'Office National Météorologique renseigne tout le monde. Aussi utilise-t-il suivant les circonstances tous les postes qui peuvent servir à cet usage ; il se trouve cependant que ceux du Service de la Navigation Aérienne sont le plus grand nombre.

Centralisation de renseignements météorologiques. — Les caractéristiques de ce service sont les suivantes :

Les transmissions se font à heure fixe. Il n'est pas nécessaire que le transmetteur appelle le récepteur : il suffit que celui-ci écoute au moment voulu. Les messages étant répétés deux fois, on est sûr de leur réception, et l'accusé de réception est inutile. Les transmissions sont unilatérales.

Les résultats des observations faites au même moment dans toute la France doivent être centralisés au plus tard cinquante minutes après le moment de l'observation. Si l'on tient compte du temps nécessaire à la rédaction des messages, cela implique qu'ils sont remis instantanément au poste de T.S.F., et que tous sont transmis dans un intervalle d'une demi-heure à 3/4 d'heure.

Il faut pour cela que le poste de T.S.F. soit à la station météorologique elle-même. Il peut aussi à la rigueur lui être relié soit par un fil téléphonique direct soit par l'intermédiaire d'un seul central téléphonique donnant la priorité aux communications météorologiques.

Enfin, comme toutes les stations de France ne peuvent successivement envoyer leurs messages dans le court délai imposé, on a dû les répartir en groupes de stations qui envoient tous leurs renseignements à une station régionale laquelle les transmet à Paris en un seul message.

La carte n° 1 donne l'ensemble des stations météorologiques françaises et indique la façon dont elles acheminent leurs messages. On remarquera que quelques stations les acheminent encore par le fil.

Restent à recevoir les renseignements venant de l'étranger : ils sont transmis par les soins des différents pays, dans le même délai que les messages français après l'heure d'observation. Cette heure concorde, par suite d'ententes internationales, avec celle des observations françaises.

Diffusion des renseignements météorologiques. — Cette diffusion se fait par des émissions de T.S.F. en l'air. Il s'agit de diffuser d'une part les résultats bruts des observations faites dans toute la France, à l'usage de tous les services locaux français ou étrangers qui ont à en tirer parti ; d'autre part les con-

clusions tirées par les météorologues de ces observations, à l'usage de tous les utilisateurs, aviateurs et autres.

Le premier de ces services et une partie du second sont assurés par des postes puissants : postes de la tour Eiffel (télégraphie militaire) et de Nantes (marine de guerre).

Les autres sont faits par les postes du Service de la Navigation Aérienne.

Messages de route. — Ils sont de deux sortes : messages périodiques à heure fixe et messages inopinés.

Les messages périodiques à heure fixe sont destinés à renseigner les divers aérodromes d'une même route sur l'état actuel du temps le long de la route et celui qu'on peut prévoir pour une courte durée (quelques heures).

Les messages inopinés signalent à tous les aérodromes de la route les avis urgents aux navigateurs (grains, changements imprévus au balisage, etc...), les départs et arrivées d'avions, les incidents survenus en cours de route aux avions.

Les messages périodiques à heure fixe sont envoyés sans appel préalable, mais il en est accusé réception et répétition peut en être demandée.

Les messages inopinés sont envoyés après que le poste appelé a répondu en indiquant qu'il peut les recevoir.

Liaisons avec les avions en vol. — Elles ont pour but de leur transmettre les renseignements qui sont envoyés à terre par les messages inopinés entre terrain, et de leur donner à tout moment toutes les indications qu'ils peuvent demander au sujet de l'état de leur route.

II. Réalisation des liaisons T.S.F. le long des routes aériennes.

Pour réaliser toutes les liaisons que nous venons de définir ci-dessus, diverses questions se posaient :

quel genre de transmission adopter ?

quelles longueurs d'onde ?

quel matériel ?

comment installer et organiser les postes ?

comment régler le service de centralisation des renseignements ?

Genre de transmission. — A priori, on a écarté l'emploi des ondes amorties pour tous les postes nouveaux à installer ; étant donnée la faible portée qu'elles permettent à puissance égale, le brouillage qu'elles causent, on a décidé de les rejeter.

Restait à choisir entre la radiotélégraphie à ondes entretenues et la radiotéléphonie. On a pour cela suivi la règle qui s'impose en pareille circonstance : n'utiliser la radiotéléphonie que quand il est impossible de se servir de la radiotélégraphie puisqu'elle cause plus de brouillages et que les messages radiotéléphoniques risquent plus d'arriver erronés que les messages radiotélégraphiques.

La radiotélégraphie à ondes entretenues a ainsi été admise pour toutes les transmissions entre postes à terre, et la radiotéléphonie pour la liaison des aéronefs avec les postes à terre.

En effet, les avions en service actuellement emportent un si faible poids utile que l'obligation d'emmener un radiotélégraphiste à bord ne pouvait être admise. Il fallait donc que le mécanicien ou le pilote pussent transmettre ou recevoir eux-mêmes ; la radiotéléphonie seule le permettait.

Longueurs d'onde. — La question des longueurs d'onde à employer a été une des plus difficiles à résoudre. Il a fallu d'abord définir les communications auxquelles il convenait d'attribuer des longueurs d'onde différentes parce qu'elles devaient obligatoirement se faire simultanément. On a ensuite déterminé ces longueurs d'onde de manière à ne pas brouiller d'autres postes français. Mais cela ne suffisait pas : la plupart des liaisons à établir étaient des liaisons internationales, car presque toutes les routes aériennes sont internationales. Il fallait donc que les longueurs d'ondes choisies fussent adoptées par les divers pays intéressés.

On a d'abord décidé que les communications des avions avec

les postes à terre se feraient sur une onde à part ; les besoins des avions sont urgents : il faut, quand ils désirent communiquer qu'ils puissent le faire sans attendre. En outre les avions qui peuvent avoir besoin de communiquer dans une même région à un moment donné sont nombreux.

Cela justifie l'emploi d'une onde spéciale. On a choisi l'onde 900^m. Elle avait été préconisée par le Comité Interallié (E.U. F.G.B.I.) qui s'est réuni pendant la conférence de la paix pour étudier un projet de réglementation de la T.S.F. Elle est maintenant adoptée par toutes les puissances qui établissent des communications avec les aéronefs.

Pour la transmission des messages de route, il est évident que la même onde doit être employée tout le long d'une même route, un poste quelconque de la route pouvant avoir à communiquer avec tous les autres. Par ailleurs, il y a intérêt à ce que des routes voisines aient la même onde : les messages des uns intéressent les autres, surtout si les routes ont des têtes de lignes communes. Cela est caractéristique pour les routes Paris-Londres, Paris-Bruxelles et Londres-Bruxelles. Il y a pourtant à cette règle une limite ; on peut en effet penser qu'un jour viendra où toutes les routes aériennes seront reliées entre elles. Il faudrait alors que tous les postes transmettent des messages de route avec la même longueur d'onde : nous verrons plus loin que leur trafic est tel qu'il en résulterait des brouillages inadmissibles. Pratiquement, en France, on utilise actuellement 3 longueurs d'onde pour les messages de route :

1.400 m. sur Paris-Londres
Paris-Bruxelles
Paris-Strasbourg
Paris-Lyon
1.680 m. sur Nîmes-Marseille-Antibes
Antibes-Ajaccio
1.300 m. sur Toulouse-Rabat
Toulouse-Bordeaux
Toulouse-Bayonne

La centralisation de renseignements météorologiques peut se faire sur des ondes très variées, puisque les émissions sont à heure fixe et que le récepteur, prévenu d'avance, n'a qu'à écouter à cette heure sur la longueur d'onde convenable. Toutefois, il ne faut pas que deux émissions simultanées se gênent. En outre, les ondes de trafic de certains postes sont trop chargées pour être employées à la transmission des renseignements météorologiques. C'est ainsi que l'onde 1.400 n'est jamais employée à cet usage. A titre d'exemple, le tableau A donne les heures de transmission et les longueurs d'onde des postes qui contribuent à la centralisation des résultats des observations météorologiques faites à 7 h. Les postes soulignés sont ceux qui envoient à Paris tous les renseignements d'une région qu'ils ont recueillis au préalable.

Matériel. — Ce que nous venons de dire du genre de transmissions et des longueurs d'onde à réaliser a déterminé la plus grande partie des caractéristiques techniques du matériel.

Il doit permettre la téléphonie sans fil ou la télégraphie sans fil en ondes entretenues sur des longueurs d'onde comprises entre 850 et 2.000^{m}. Comme on pouvait être appelé à faire des communications sur l'onde 600 au voisinage des côtes et à employer des ondes supérieures à 2.000^{m}, on a adopté un matériel qui réalise la gamme 500-3.000 et peut faire de la télégraphie à ondes entretenues modulées.

Les émetteurs sont des postes à lampes d'une puissance de 500 watts antenne. Ils ne sont pas tous du même modèle, mais ont à peu près les mêmes caractéristiques. Ils utilisent des lampes E6, des lampes Neuvron, ou des lampes types B de la S. I. F. Ils ont été construits les uns par la S. I. F., les autres par la radiotélégraphie militaire. Leur antenne se compose d'une nappe à 5 fils de 4^{m} de large et de 70 de long sur pylones de 30^{m} avec entrée de poste au milieu. Les appareils sont alimentés par des génératrices mues par un moteur branché sur le réseau général de distribution. La plupart d'entre eux sont organisés de telle sorte qu'ils peuvent être réglés à l'avance sur trois longueurs d'onde. Un commutateur permet de passer instantané-

ment de l'une à l'autre de ces trois longueurs d'onde. De même un inverseur permet de passer instantanément de la transmission en télégraphie à la transmission en téléphonie. Les postes peuvent ainsi servir indifféremment aux liaisons à terre et aux liaisons avec les avions.

Les appareils de réception présentent moins d'uniformité. Leurs caractéristiques sont bien définies : ils doivent recevoir les ondes de 600 à 3000 mètres. Mais bien des difficultés se présentent. D'abord les aérodromes les plus importants sont tous à proximité d'une puissante station de T. S. F. : Le Bourget près de la tour Eiffel, Lyon près de la Doua, Bordeaux près du poste Lafayette. Pour pouvoir faire un trafic régulier, les récepteurs des aérodromes doivent éliminer les transmissions amorties ou entretenues de ces stations. Ensuite sur les aérodromes les plus importants, le trafic de route et le trafic avec les avions doivent se faire simultanément avec deux postes différents, en sorte qu'un des postes est amené à transmettre pendant que l'autre reçoit, d'où nouvelle cause de brouillage à éliminer. Il existe bien des réceptions sélectives qui permettent de recevoir l'Amérique près des grandes stations émettrices. Mais elles utilisent les propriétés directrices des cadres, ce que, dans bien des cas, ne peuvent faire les stations de la Navigation Aérienne. Ainsi au Bourget, Bruxelles se trouve presque en ligne droite avec la tour Eiffel. Les avions qui circulent sur les diverses routes doivent être entendus dans une direction quelconque : on ne peut les écouter sur cadre.

Il faut ajouter à cela que les conditions du trafic ne sont pas les mêmes pour la Navigation Aérienne que pour les services intercontinentaux. Ces derniers reçoivent toute une longue série de télégrammes d'un même correspondant sans interruption ; les transmissions ont lieu souvent à heure fixe ; le réglage, même s'il est délicat, subsiste une fois fait. Les postes de l'aéronautique reçoivent au contraire à chaque instant des appels inopinés de correspondants différents, et, si leur réglage est trop précis ou trop compliqué, ils manquent ces appels.

Enfin les études de réception sélective sur les ondes de 500 à

3.000 sont beaucoup moins avancées que sur les ondes plus élevées, parce que l'industrie a été amenée à résoudre pour celles-ci le problème dès qu'elle a voulu faire des communications à grande distance ; elle ne l'a abordé qu'après pour les ondes courtes et sur la demande d'un petit nombre d'intéressés.

Toutes ces raisons font que le service de la Navigation Aérienne n'a pas encore pu trouver un type de récepteur répondant à tous ses besoins. Il a donc utilisé sur les divers aérodromes, suivant les circonstances locales, ceux qui permettaient d'assurer le service au mieux. A titre d'exemple nous indiquerons comment sont constitués deux d'entre eux utilisés au Bourget.

Le premier sert au trafic de route sur Paris-Londres, Paris-Bruxelles, Paris-Strasbourg et Paris-Lausanne.

Il se compose d'un cadre de $2^m, 50 \times 2^m, 75$ sur lequel sont enroulées 9 spires à l'écartement de 8^{mm}. Aux bornes du cadre est monté un condensateur d'accord. Les oscillations reçues sont amplifiées en haute fréquence et détectées par un amplificateur R2 bis fonctionnant en autodyne. Enfin elles sont amplifiées en basse fréquence par un amplificateur à résonance type BFR de la S. F. R.

Le second sert à la réception des avions. Il se compose d'une antenne semblable aux antennes d'émission décrites ci-dessus. Elle est reliée à un récepteur du type TM2, puis les oscillations sont détectées et amplifiées par un amplificateur à résonance HFR de la S. F. R.

Avant de laisser la question du matériel, il est bon d'indiquer que le Service de la Navigation Aérienne envisage de relier directement entre elles les grandes têtes de lignes internationales. C'est ainsi qu'il fera communiquer directement Paris avec Prague, Toulouse avec Casablanca. Il a mis en commande, pour réaliser ce programme, des postes de 2 k^w antenne travaillant sur une antenne ou nappe de 30^m de large et 70^m de long montée sur pylônes de 50^m.

Organisation des postes. — Pour qu'ils remplissent le but qui leur est assigné, l'installation des postes sur les aérodromes doit

répondre aux conditions suivantes, assez contradictoires, comme on le verra.

Le local où se fait l'exploitation doit être à proximité immédiate du commandant de l'aérodrome et du service météorologique, afin que les messages ne subissent aucun retard entre l'expéditeur ou destinataire et le poste. Il doit être relié au central téléphonique.

Par ailleurs on ne peut admettre d'obstacles élevés sur un aérodrome ; les antennes devront donc ne pas dépasser sensiblement la hauteur des autres obstacles tels que les hangars : elles n'auront jamais plus de 30^{m} de haut ; elles seront placées dans une partie éloignée du centre de l'aérodrome, le plus loin possible des parties atterrissables.

Comme le commandant est en général au centre, on ne peut songer à avoir des antennes élevées au point où se fait l'exploitation. La disposition idéale sur un aérodrome sera donc la suivante. Le central d'exploitation sera dans un local voisin du commandant d'aérodrome. Les récepteurs y seront installés. Les émetteurs, placés en un point éloigné, là où les antennes sont le moins dangereuses, seront commandés à distance depuis le central d'exploitation. La réalisation de ce dispositif suppose que le matériel émetteur peut être commandé à distance et surtout que les récepteurs, installés très près les uns des autres, ne réagissent pas l'un sur l'autre, et ne sont pas brouillés par les émetteurs.

Pratiquement, avec les récepteurs dont il dispose actuellement, le S. N. Aé. n'a pu réaliser au Bourget exactement ce dispositif : les émissions radiotéléphoniques gênaient la réception des messages de trafic. Pour y remédier on a laissé l'exploitation du poste de trafic près du commandant de port et on a reporté à Louvres à 12^{km} du Bourget le poste de communication avec les avions (émissions et réceptions).

Mais il existe au Bourget une complication : de fréquents avis météos sont envoyés par lui. Comme ils gêneraient le trafic, ils sont transmis par un émetteur spécial sur 1680^{m}. En résumé, le port du Bourget possède :

a) Un poste de trafic exploité dans une pièce voisine du com-

mandant de port où se trouve le récepteur, l'émetteur étant placé au bout du terrain.

b) Un poste spécial à la météorologie, exploité dans le local même de la météorologie où se trouve le récepteur, l'émetteur étant placé dans le même bâtiment que l'émetteur de trafic.

c) Enfin à Louvres est le poste de communication avec les avions.

a) Le poste de trafic comporte la réception que nous avons déjà décrite. L'émetteur est un poste de 500 watts-antenne de la S. I. F. Il est alimenté de la manière suivante : une batterie d'accumulateurs sert au chauffage des filaments. La tension plaque est prise sur le réseau par un redresseur à lampes de la S. I. F.

Le poste est mis en route automatiquement à distance par l'opérateur ; un relais réversible est commandé par 3 fils qui vont du poste d'exploitation au local de l'émetteur. Ce relais a pour effet d'ouvrir ou de fermer le circuit d'un relais tripolaire, qui met le secteur sur le transformateur du redresseur, et les accumulateurs sur les filaments.

Dans ces conditions, le passage de transmission-réception et inversement est instantané.

Un quatrième fil qui relie le récepteur à l'émetteur sert à manipuler par l'intermédiaire d'un relais (1).

b) Le poste spécial à la météorologie comporte le même émetteur, mais alimenté par deux génératrices (haute et basse tension) mues par un moteur électrique branché sur le secteur.

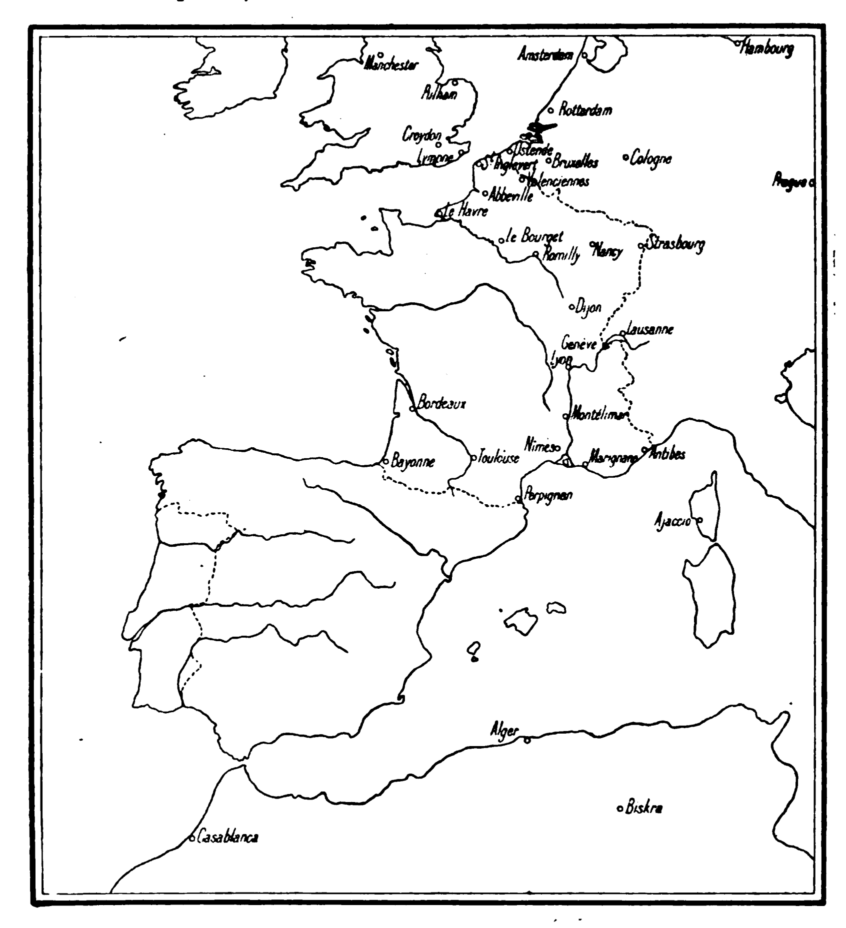
L'opérateur n'est relié au poste que par un fil qui lui sert à manipuler : quand il fait ses appels, un électricien, qui surveille le poste, entend fonctionner le relais, et met en route, ce qui demande 30 secondes environ. Il arrête le poste quand la transmission est terminée.

Comme nous l'avons dit plus haut, les deux émetteurs : celui

(1) Ce relais est à double contact. Il ouvre et ferme le circuit grille. Le contact de repos sert à réunir la grille au pôle d'une batterie de 120^v. Sans cette disposition, il subsistait une onde de contre-manipulation assez forte pour être entendue à Romilly-sur-Seine.



du trafic et celui de la météorologie sont dans le même local. Ils ont donc des antennes très voisines. Un de leurs supports est même commun : c'est un pylône de 30^{m} (sur lequel est aussi installé un phare). Si l'on ne prend aucune précaution, on cons-



Carte n° 1.

tate que lorsqu'on transmet avec un poste, une intensité considérable passe dans l'antenne de l'autre (de 4 à 5 ampères). On y a remédié en plaçant un condensateur de 2 microfarads entre l'une des antennes et la terre.

De cette manière, les deux postes travaillent indépendamment l'un de l'autre sans se gêner en quoi que ce soit.

ROUTES AÉRIENNES

- Port
- Gare
- Station
- Halte
- Aérostation
- Terrain de secours
- Terrain de secours projeté
- Programme futur
- Terrain militaire
- Terrain de la Marine
- Terrain militaire commun avec le S N Aé
- Base d'Hydravions du S N Aé
- Escale d'Hydravions du S.N.Aé.

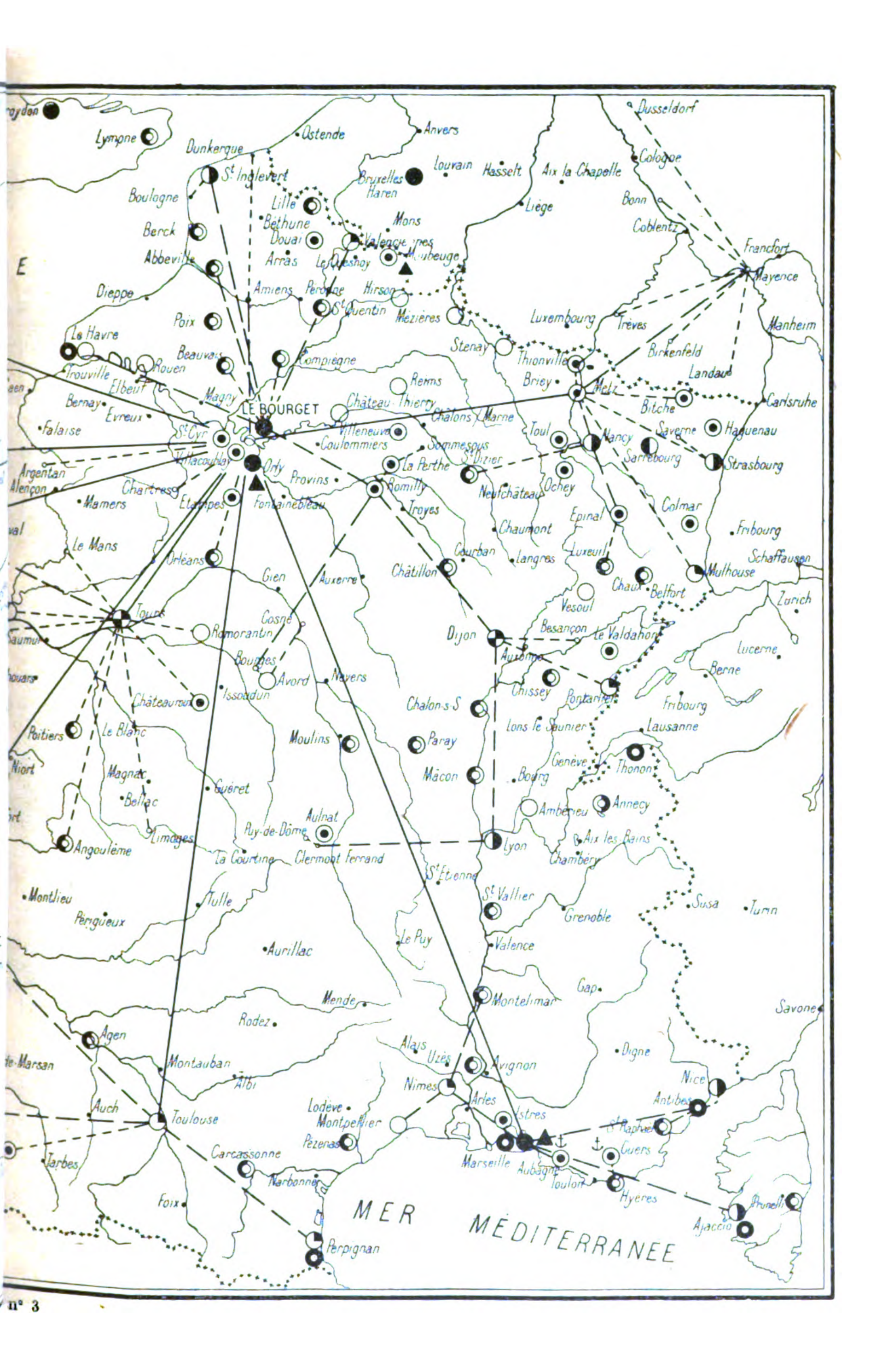
Transmissions Météorologiques

- par téléphone vers le centre régional
- par TSF vers le centre régional
- par TSF du centre régional pour la région et vers Paris

Echelle

50 40 30 20 10 0 50 100 150 200

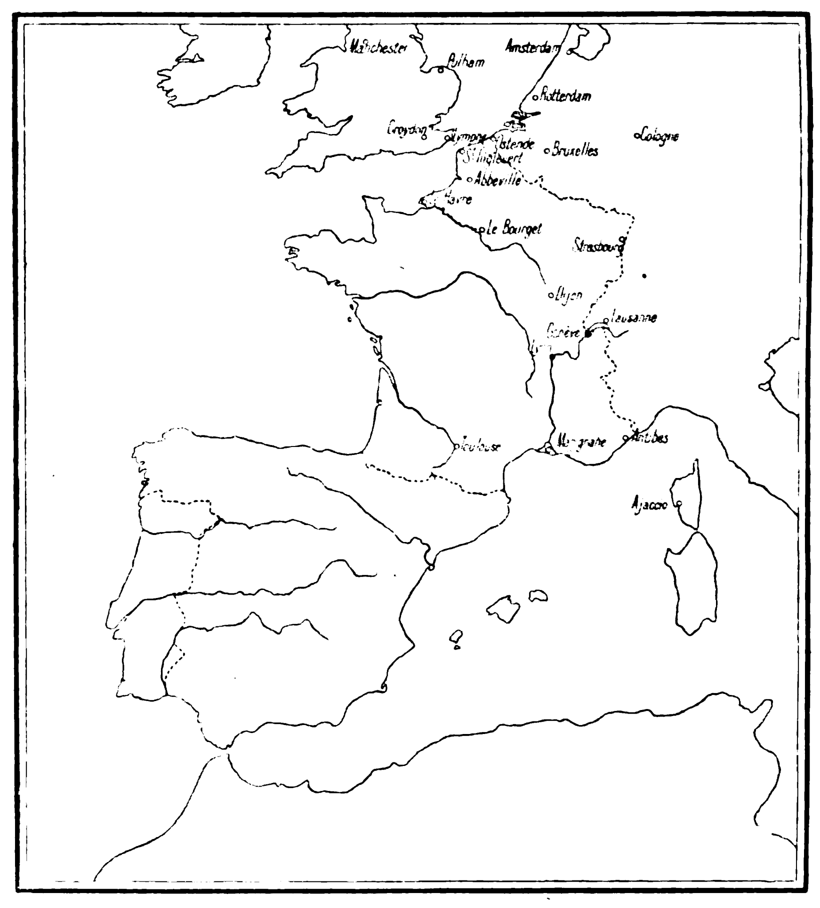
Cart



Lympne
Dunkerque
Ostende
Anvers
Dusseldorf
Cologne
St Inglevert
Bruxelles
Haren
Louvain
Hasselt
Aix la Chapelle
Liège
Bonn
Coblentz
Boulogne
Lille
Béthune
Douai
Arras
Mons
Valenciennes
Maubeuge
Le Quesnoy
Berck
Abbeville
Dieppe
Amiens
Péronne
Hirson
St Quentin
Mézières
Francfort
Mayence
Poix
Le Havre
Trouville
Elbeuf
Rouen
Beauvais
Compiègne
Reims
Stenay
Luxembourg
Trèves
Manheim
Birkenfeld
Thionville
Briey
Metz
Landau
Carlsruhe
Bitche
Bernay
Evreux
Falaise
Magny
LE BOURGET
Château Thierry
Châlons s/ Marne
Villeneuve
Coulommiers
Sommesous
St Dizier
La Perthe
Toul
Nancy
Saverne
Haguenau
Sarrebourg
Strasbourg
St Cyr
Villacoublay
Orly
Argentan
Alençon
Chartres
Mamers
Etampes
Fontainebleau
Provins
Romilly
Troyes
Neufchâteau
Ochey
Epinal
Colmar
Fribourg
Chaumont
Le Mans
Orléans
Gien
Auxerre
Châtillon
Courban
Langres
Luxeuil
Chaux
Belfort
Mulhouse
Schaffausen
Zurich
Vesoul
Tours
Saumur
Cosne
Romorantin
Bourges
Dijon
Auxonne
Besançon
Le Valdahon
Lucerne
Berne
Avord
Nevers
Issoudun
Châteauroux
Chissey
Pontarlier
Fribourg
Poitiers
Le Blanc
Chalon-s-S
Lons le Saunier
Lausanne
Moulins
Paray
Genève
Thonon
Niort
Magnac
Bellac
Guéret
Mâcon
Bourg
Ambérieu
Annecy
Aulnat
Puy-de-Dôme
Limoges
Aix les Bains
Angoulême
La Courtine
Clermont Ferrand
Lyon
Chambéry
St Etienne
Montlieu
Tulle
St Vallier
Grenoble
Susa
Turin
Périgueux
Le Puy
Aurillac
Valence
Gap
Mende
Montelimar
Savone
Rodez
Agen
Alais
Uzès
Avignon
Digne
Montauban
Albi
Nîmes
Nice
Antibes
Auch
Lodève
Arles
Istres
Montpellier
St Raphaël
Toulouse
Pézenas
Marseille
Aubagne
Cuers
Tarbes
Carcassonne
Toulon
Hyères
Narbonne
Foix
Prunelli
Ajaccio
MER MÉDITERRANÉE
Perpignan

n° 3

c) A Louvres l'émetteur est semblable aux précédents. Il est alimenté par des génératrices. Un démarreur automatique permet à l'opérateur de le mettre en route sans quitter son récepteur. L'émetteur et le récepteur sont dans des pièces voisines.



Carte n° 2.

III. — Résultats obtenus.

La centralisation et la diffusion des renseignements météorologiques fonctionnent régulièrement suivant les schémas indiqués à la carte n° 1 et au tableau A.

Les postes de trafic actuellement installés sont donnés par la

carte n° 2. A titre d'exemple, le tableau B donne les heures fixes auxquelles le poste du Bourget envoie des avis météorologiques de route. En annexe est donné le procès-verbal du poste du Bourget pendant une journée. On peut ainsi se rendre compte de l'importance du trafic et de la nature des renseignements envoyés.

Enfin la carte n° 3 indique les postes actuellement installés pour communiquer en radiotéléphonie avec les aéronefs. Cette communication fonctionne surtout à l'heure actuelle sur les lignes Paris-Londres et Paris-Bruxelles. Le procès-verbal reproduit en annexe donne une idée de la nature et de l'intensité du trafic. On y observera que les conversations ont lieu partie en anglais, partie en français. Il y a là une grosse difficulté d'emploi de la radiotéléphonie pour les communications internationales. On l'a résolue dans ce cas particulier par un accord avec les services anglais ; le S. N. Aé. a un opérateur parlant anglais au Bourget et à Saint-Inglewert ; le service anglais a de son côté quelques opérateurs parlant français. Mais il est évident que, quand des aéronefs de toutes les nationalités fréquenteront nos ports aériens, nous ne pourrons avoir des opérateurs parlant toutes les langues, et la radiotélégraphie devra se substituer à la radiotéléphonie.

Tous ces documents montrent que le service TSF de la Navigation Aérienne est en plein fonctionnement et remplit son rôle : il contribue pour une large part à la sécurité de la navigation. Des progrès techniques sont encore à réaliser pour faciliter sa tâche et lui permettre un plus grand rendement. En particulier, un récepteur sélectif pour les ondes comprises entre 500 et 3.000, d'un emploi facile par les opérateurs, lui fait encore défaut. Tout progrès réalisé dans cette voie lui sera utile, et lui permettrait en particulier de ramener au Bourget, près du commandant de port, le poste de communication avec les aéronefs, qui sera ainsi à la source même des renseignements qui lui sont demandés.

Nous n'avons parlé dans cette étude que de la T. S. F. employée par la Navigation Aérienne comme moyen de communication. Mais on peut espérer qu'elle l'emploiera aussi bientôt comme moyen de navigation, quand la radiogoniométrie à bord des aéro-

nefs, le guidage par champs électromagnétiques auront été entièrement mis au point. Toute une nouvelle série de problèmes techniques et d'exploitation se poseront alors de nouveau. Certains s'étonnent parfois de ce que l'aéronautique réclame une large part dans la répartition des ondes entre les différents services, de ce qu'elle soit très jalouse de les protéger contre les brouillages, de ce qu'elle ait créé un service spécial de T. S. F. Puissent les quelques précisions apportées ici les convaincre que les questions de radiotélégraphie sont d'un intérêt vital pour l'avenir de l'aviation et que la complexité des problèmes à résoudre justifie des exigences qui parfois peuvent étonner ceux qui ne connaissent pas la question.

TABLEAU A.

Heures de transmission et longueurs d'onde employées pour la centralisation des résultats des observations météorologiques de 7^h.

HEURES	POSTES TRANSMETTEURS ET LONGUEURS D'ONDE
0700 à 0703	Montélimar 1500.
0703 à 0706	Montpellier 1500.
0705 à 0710	Amiens 2400. Valenciennes 1680. Epinal 1450. Clermond-Ferrand 1700. Istres 1500. Bordeaux 1500. Rennes 1900. Bayonne 1300. Saint-Raphaël 450.
0710 à 0715	Saint-Inglevert 1680. Strasbourg 1720. Nancy 1450. Mayenne 2200. Lyon 1350. Bourges 1900, Toulouse 1500. Perpignan 1300. Lorient 2800.
0715 à 0720	Cherbourg 3300. Dijon 1350.
0720 à 0725	*Romilly* 1680. Nimes 1500.
0725 à 0738	*Metz* 1450. *Toulouse* 1850. Ajaccio 900. Brest 2800. *Rochefort* 2800. *Le Bourget* 1680.
0730 à 0735	Antibes 900.
0735 à 0742	*Marignane*. 1500. *Tours* 1850.

TABLEAU B.

AVIS MÉTÉOROLOGIQUES A COURTE ÉCHÉANCE.

POSTE ÉMETTEUR	LONGUEUR D'ONDE	INDICATIF	HEURES D'ÉMISSION	RENSEIGNEMENTS TRANSMIS
Le Bourget	1680	Z M	0750 à 0800	Avis Paris-Londres-Bruxelles
—	—	—	0850 à 0900	Avis Paris-Dijon-Lyon Avis Paris-Lausanne
—	—	—	1050 à 1100	Avis Paris-Londres-Bruxelles
—	—	—	1250 à 1300	Avis Paris-Londres-Bruxelles
—	—	—	1450 à 1500	Avis éventuels
—	—	—	1550 à 1600	—
—	—	—	1650 à 1700	—

Ces avis s'ajoutent aux télégrammes de diffusion envoyés après la centralisation des résultats des observations faites à 01 h. 00, 05 h. 00, 07 h. 00, 13 h. 00 et 18 h. 00.

LE LABORATOIRE DES MINISTÈRES

DE LA GUERRE, DE LA MARINE ET DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES

POUR L'ÉTUDE DES LAMPES DE T. S. F. A GRANDE PUISSANCE

Les trois ministères de la Guerre, de la Marine et des Postes et Télégraphes ont créé, en commun, en 1921, un laboratoire pour l'étude des lampes de T.S.F. à grande puissance. Ce laboratoire est dirigé par M. Holweck, chef des travaux à l'Institut du Radium de l'Université de Paris, et spécialiste bien connu en matière de lampes de T.S.F. Les locaux sont situés dans l'annexe de l'École Polytechnique de la rue Lhomond ; le personnel comprend, en plus de M. Holweck, un ingénieur, un mécanicien et un électricien ; le matériel est constitué par un outillage complet de petite mécanique (tour, fraiseuse, machines à percer, étaux, etc.) et par deux pompes moléculaires ; il a été fourni en totalité par l'Administration des Postes et Télégraphes.

Dès son installation, le laboratoire d'étude des lampes de T.S.F. à grande puissance a cherché à réaliser, selon les idées de M. Holweck, la lampe métallique démontable. Le principe de cette lampe consiste en son association constante avec une pompe à vide, de telle sorte que, grâce au jeu de cette pompe, le courant électronique se produise constamment dans un milieu favorable. La figure 1 montre l'ensemble de la lampe et de sa pompe moléculaire.

La pompe moléculaire hélicoïdale de M. Holweck a été décrite dans les Comptes rendus de l'Académie des Sciences (2 juillet 1923).

Les molécules du gaz à pomper s'engagent dans un long canal dont une partie de la paroi se déplace à grande vitesse. Par chocs successifs sur cette paroi mobile les molécules sont

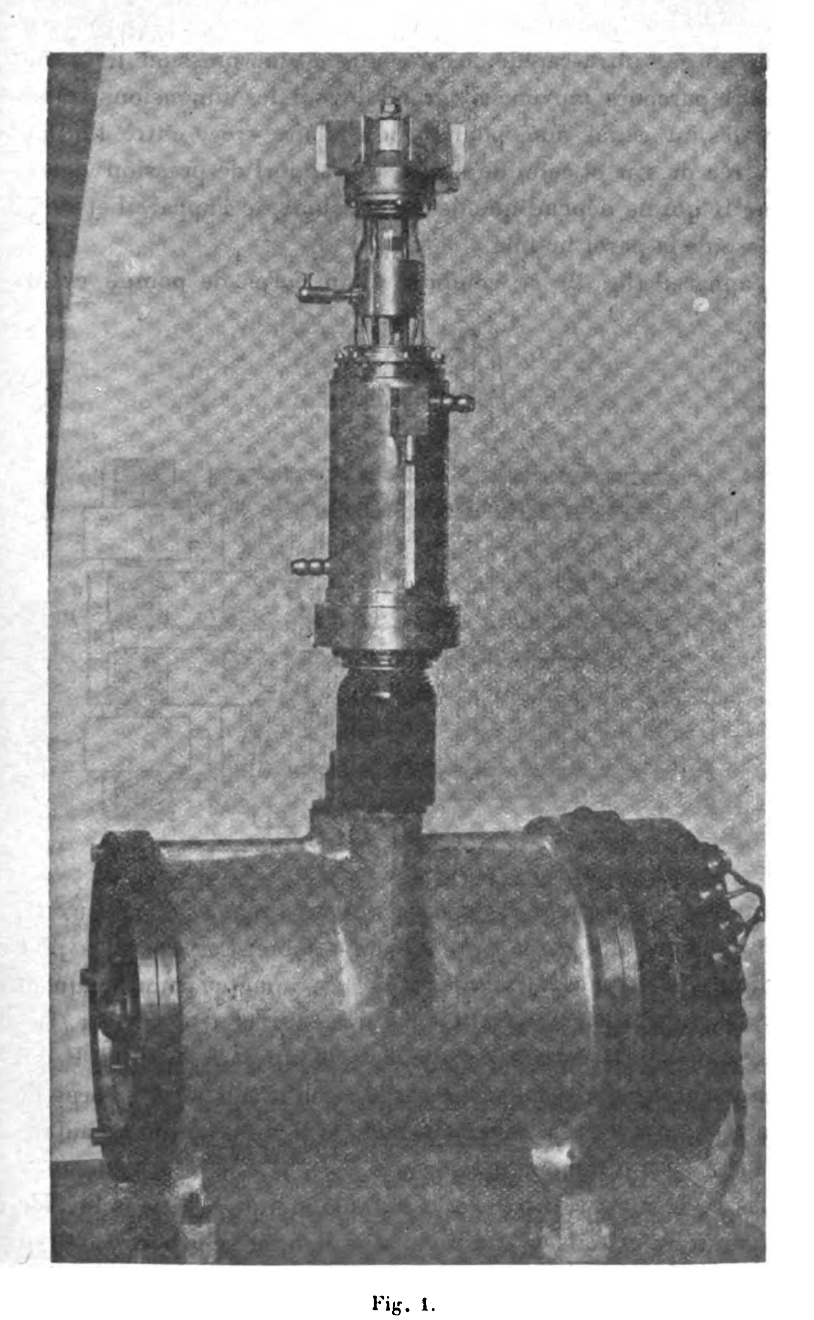


Fig. 1.

entraînées et finalement évacuées par une pompe préparatoire. Pour un gaz ultra-raréfié, c'est-à-dire à une pression telle que le libre parcours moyen soit grand devant les dimensions transversales du canal, une pompe moléculaire crée, entre l'orifice d'entrée du gaz et celui de sortie, un rapport de pression déterminé R qui ne dépend que des dimensions de l'appareil et de la vitesse de la paroi mobile.

L'appareil (fig. 2) se compose d'un corps de pompe cylin-

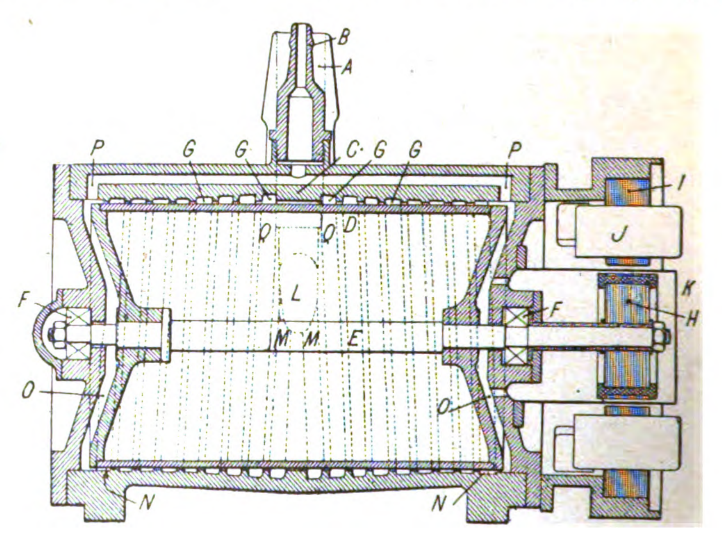


Fig. 2.

drique C dans lequel ont été creusés deux canaux hélicoïdaux G, G à pas contraire et de profondeur variable. Les filets les plus profonds se réunissent au milieu de la pompe et communiquent par un gros canal d'aspiration LA avec le récipient à vider. Les deux autres extrémités des hélices aboutiseent au tube P qui conduit à la pompe préparatoire. A l'intérieur de ce corps de pompe et à une très faible distance (0 mm. 03), tourne autour de l'axe E un tambour cylindrique lisse D. Deux roulements à billes F, F supportent l'axe. Le tambour qui est dans le vide préparatoire est mis en rotation, sans lien mécanique, au moyen d'un petit moteur asynchrone diphasé dont le rotor H est dans le vide et le stator I, J dans l'air. A cet effet, le rotor est en

bout de l'arbre et une cloche étanche K, en métal mince, à haute résistance électrique, passe par l'entrefer.

La vitesse normale de rotation est de 4.500 tours par minute. Dans un vide préparatoire de 10 baryes, le tambour met plus de 45 minutes à s'arrêter, la puissance prise par les roulements à 4.500 tours/min. étant de l'ordre de 10 watts.

Avec une vitesse de rotation de 4.500 t./min. et un vide préparatoire de 15 mm. de mercure, la pression des gaz parfaits subsistant du côté bon vide est certainement inférieure à 10^{-3} barye ; cette pression étant mesurée au moyen d'un manomètre absolu de Knudsen avec interposition d'un réfrigérant dans l'air liquide. Sans air liquide, avec une pompe très propre, la pression-limite est de l'ordre de quelques centièmes de barye : le débit de la pompe s'annulant beaucoup plus tôt pour les gaz condensables que pour les gaz parfaits.

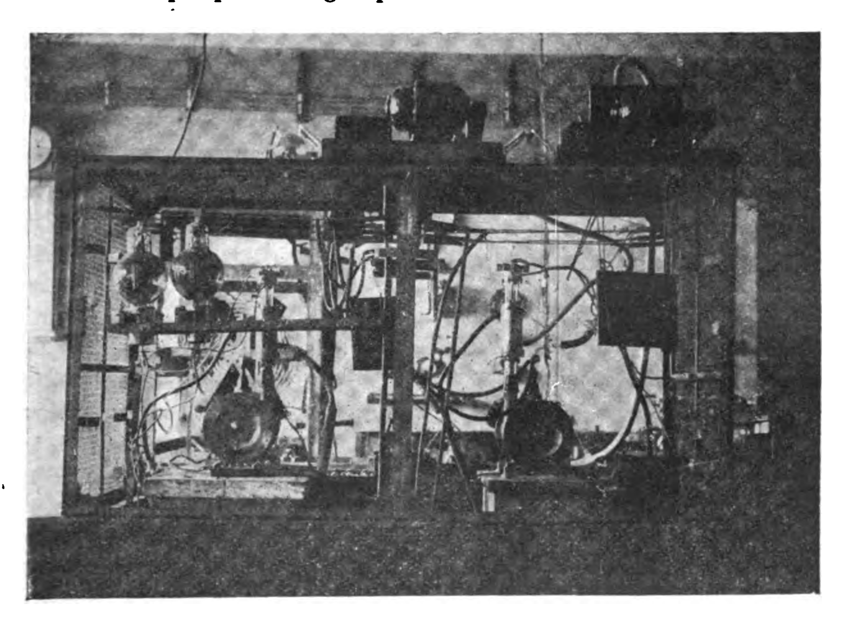


Fig. 3.

La pompe fut d'abord appliquée à la construction d'un simple redresseur de courant (lampe sans grille) et, dès le mois d'octobre 1921, le laboratoire avait mis au point un redresseur capable de donner 7 kilowatts sur la plaque.

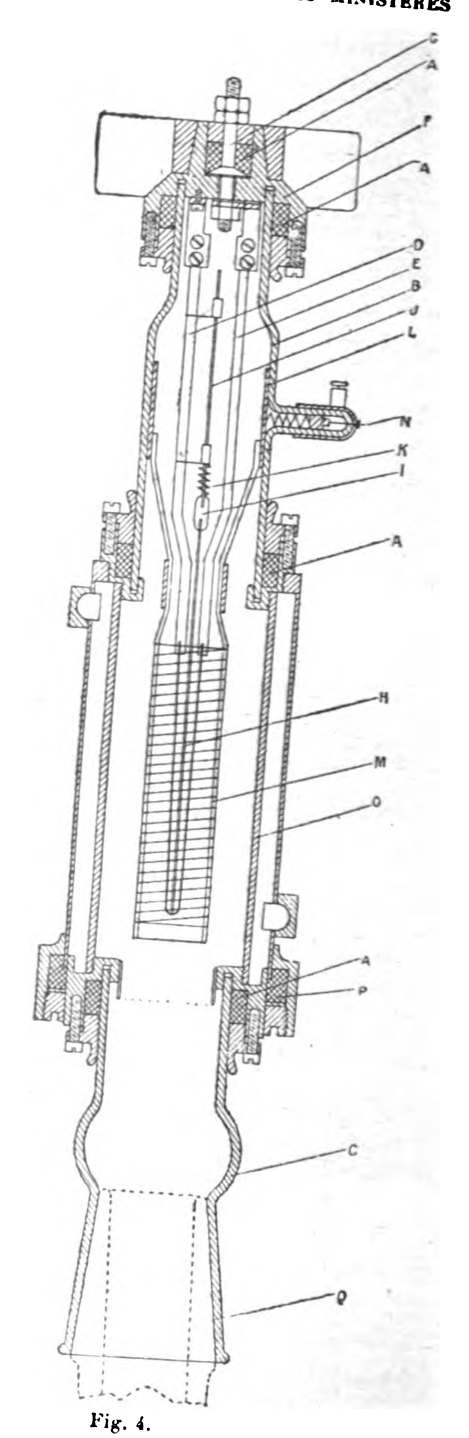


Fig. 4.

Le laboratoire essaya ensuite de construire des lampes à trois électrodes et travailla en collaboration, à cet effet, avec l'Établissement central de la Télégraphie militaire où M. Jouarest voulut bien accepter de mettre à l'essai les premières lampes démontables construites par M. Holweck. Celles-ci purent d'abord fournir 2 kilowatts-plaque puis, après des perfectionnements successifs, on a réussi à en tirer jusqu'à 10 kilowatts-plaque avec un rendement de 80 à 82 % (fig. 4).

Les essais furent poursuivis au poste émetteur de la Tour Eiffel, en collaboration avec M. Laüt et, depuis le 23 mai 1923, le poste émetteur radiotéléphonique de la Tour Eiffel fonctionne exclusivement avec la lampe démontable Holweck sans avoir eu aucun incident important dans son fonctionnement.

La figure 3 représente l'installation de la Tour Eiffel avec une lampe en service et une lampe de secours. La tension de plaque est de 5.000 volts, les filaments (deux en parallèle) fournissent 36 ampères. Le démontage d'une lampe pour changer son filament exige à peine une demi-journée. Nous rappelons que la faculté de pouvoir changer à volonté un filament usé constitue la grande innovation dù système Holweck et que les économies de lampes que l'on réalise ainsi compensent certainement le prix de l'installation d'une pompe moléculaire.

La lampe d'émission de la Tour Eiffel a déjà donné beaucoup d'excellentes émissions à grande distance. Le laboratoire d'études poursuit la mise au point de lampes encore plus puissantes.

Le laboratoire étudie aussi les lampes puissantes non démontables.

Application de la téléphonie aux réunions publiques

(PUBLIC ADDRESS SYSTEM) (1)

Dans de récents mémoires présentés à l'*American Institute of Electrical Engineers.* MM. Martin et Clark, Green et Maxfiéld signalent le développement et le succès du « Public Address System ». Ils en rappellent quelques applications remarquables, notamment celle qui en fut faite le 11 novembre 1921 et qui permit à plus de 150.000 personnes groupées à Washington, New-York et San Francisco, d'entendre les discours prononcés sur le tombeau du soldat américain inconnu et de participer en quelque sorte, malgré un éloignement de plusieurs milliers de kilomètres, aux cérémonies qui se déroulaient au cimetière national d'Arlington. De même, il y a quelques semaines, deux assemblées réunies l'une à New-York, l'autre à Chicago, pouvaient librement communiquer entre elles, les orateurs s'adressant simultanément aux membres de l'une et de l'autre assemblée, se répondant mutuellement comme s'il n'y avait eu qu'une seule délibération et qu'un seul auditoire.

Nous nous proposons d'analyser, d'après les auteurs américains, les difficultés du problème que pose le fonctionnement du « Public Address System » et les diverses modalités de la solution qui en a été donnée.

Nous rappellerons d'abord que le « Public Address System » a pour objet essentiel d'adjoindre aux orateurs un dispositif amplificateur de la parole leur permettant de s'adresser sans fatigue à un auditoire pour ainsi dire illimité. Le relais indispensable est naturellement le courant électrique modulé au départ dans un microphone, puis amplifié et envoyé enfin dans des haut-

(1) Note remise par M. Chavasse, Ingénieur des Postes et Télégraphes.

parleurs, véritables transformateurs d'énergie électrique en énergie acoustique. Le poste d'émission et le poste de réception situés, lors des premiers essais, dans un même local ont été dans la suite séparés à volonté et éloignés indéfiniment l'un de l'autre. Les conducteurs ordinaires reliant les transmetteurs et les récepteurs sont alors remplacés par des lignes téléphoniques urbaines ou interurbaines. Ces dernières, par leurs caractéristiques propres ajoutent aux problèmes d'amplification et de reproduction locales des problèmes de transmission téléphonique, problèmes d'autant plus ardus que le « Public Address System » transmet non seulement des sons articulés, mais des ensembles musicaux.

Si, en effet, une audition purement vocale exige avant tout une parfaite intelligibilité de la parole, les auditions musicales demandent, pour être satisfaisantes, la reproduction uniforme des sons de toute hauteur et le respect des timbres relatifs des divers instruments. Or, l'expérience a montré que les fréquences dont la conservation est nécessaire dans le premier cas, sont comprises dans un intervalle s'étendant de 400 à 2.500 périodes par seconde; cet intervalle doit être considérablement élargi pour la musique, la limite inférieure étant abaissée jusqu'à 16 périodes et la limite supérieure reculée de 2.500 à 5.000 à cause des harmoniques élevés qui constituent le timbre.

Quand les appareils utilisés en téléphonie ne transmettent pas avec fidélité les différentes fréquences, il y a distorsion. Cet effet de distorsion étant particulièrement exagéré par les haut-parleurs, il y a lieu de veiller avec soin à la qualité des organes de l'installation et à étendre le plus possible leur champ de bon fonctionnement. Si on désire que la voix non seulement soit intelligible, mais encore ait une assonance naturelle, — ce qui n'est pas un détail négligeable dans une réunion publique, — il convient même de respecter les fréquences de 200 à 4.000, sinon le timbre sera métallique ou sourd, suivant que les régions inférieures ou supérieures de cet intervalle auront été supprimées.

Il existe une autre sorte de distorsion qui est, pour ainsi dire, complémentaire de la précédente et qui réside dans l'introduc-

tion dans le son à reproduire de fréquences qui n'y existaient pas. Elle a son origine dans trois sortes de phénomènes :

1° Les phénomènes transitoires qui interviennent à chaque changement dans la hauteur d'un son, au commencement et à la fin de chaque émission particulière constituant un ensemble de vibrations acoustiques ou électriques périodiques et stables ;

2° Les bruits parasites se superposant aux sons normaux, leur imposant une déformation qui en rend l'audition très pénible et exigeant, en outre, de l'assistance un effort supplémentaire pour le discernement de la parole ou de la musique dans le tumulte des bruits étrangers ;

3° Les phénomènes de distorsion dissymétrique affectant différemment les alternances positive et négative de chaque onde ; ils créent des fréquences parasites très nuisibles dans certains cas, car elles diminuent l'intelligibilité et sont susceptibles de causer de véritables dissonances.

Pour éliminer les différents troubles qui viennent d'être examinés, deux méthodes ont été envisagées : l'une consiste à réaliser un ensemble d'appareils dont les éléments soient aussi parfaitement que possible dénués de distorsion ; l'autre, au contraire, introduit dans une partie de l'installation une distorsion qui est ensuite compensée dans une autre partie, de façon à produire un effet total nul. Quoique la deuxième solution eût sans doute été d'une exécution plus facile que la première, c'est cependant à celle-ci que les Américains se sont arrêtés à cause de sa très grande souplesse qui la rend tout à fait appropriée à la grande variété des situations rencontrées dans la pratique : auditoires d'importance quelconque, connexion avec des lignes téléphoniques ou avec des stations de radiotéléphonie, etc.

Le « Public Address System », tel qu'il a été conçu jusqu'ici, comprend quatre catégories d'appareils : le microphone devant lequel parle l'orateur ; un premier amplificateur (speech input amplifier) qui recueille immédiatement les courants microphoniques à leur sortie du microphone pour les transmettre soit à une ligne téléphonique, soit à un nouvel amplificateur ; cet amplificateur ou amplificateur de débit (power amplifier) est destiné à

l'alimentation des haut-parleurs qui constituent la dernière partie du système.

Le microphone. — C'est un transmetteur d'excellente qualité, c'est-à-dire donnant une déformation négligeable, mais d'efficacité très réduite. Deux types ont été successivement utilisés :

a) Le microphone-condensateur dont une armature est un diaphragme d'acier d'un diamètre de 5 cm. 5, l'autre armature étant un disque rigide séparé du diaphragme par une lame d'air d'une épaisseur de 25 microns. L'appareil doit sa grande fidélité dans la reproduction des sons à la hauteur de sa fréquence propre (environ 8.000 p. p. s.) qui dépasse de beaucoup celle des fréquences utiles de la voix, et à l'amortissement de la mince pellicule d'air. Malheureusement, sa faible capacité (environ 400 $\mu\mu$ farads) rend nécessaire l'emploi, entre le microphone et l'amplificateur, de conducteurs de capacité excessivement petite ; en outre, l'insignifiance de son débit qui n'est que le 1/15.000e de celui du microphone actuellement en service, conduit à intercaler un amplificateur supplémentaire, voisin de l'orateur, pour fournir aux amplificateurs habituels une puissance correspondante à leur fonctionnement normal et pour raccourcir les conducteurs de sortie du microphone : on soustrait ainsi ceux-ci aux effets d'induction électrostatique et électromagnétique auxquels ils sont très sensibles dès que leur longueur dépasse 8 mètres.

b) Le microphone à grenaille de charbon remplace aujourd'hui le microphone-condensateur ; il comprend deux résistances variables de 100 ohms chacune en moyenne, placées de part et d'autre du diaphragme. Grâce à la symétrie de ce dispositif qui, par le montage en « push-pull », élimine à peu près complètement la distorsion due à la nature non linéaire de la caractéristique résistance-pression de la grenaille, grâce aussi à la conservation du diaphragme et de l'amortissement par l'air des appareils précédents, les qualités de ces derniers se retrouvent dans les nouveaux. Elles sont mises en évidence par les courbes (1) et (2) de la figure 1 représentant la variation de la sensibilité en fonction de la fréquence ; la courbe (1) concerne non seulement le microphone-condensateur, mais aussi l'amplificateur d'entrée.



Les microphones sont dépourvus de leur embouchure habituelle dont l'inconvénient est de superposer aux vibrations acoustiques leurs vibrations propres et d'augmenter la distorsion. Pour les protéger contre les vibrations mécaniques d'origine extérieure et contre les chocs accidentels, on les munit d'une suspenson à ressort et on les enferme dans une boîte protectrice. Pour

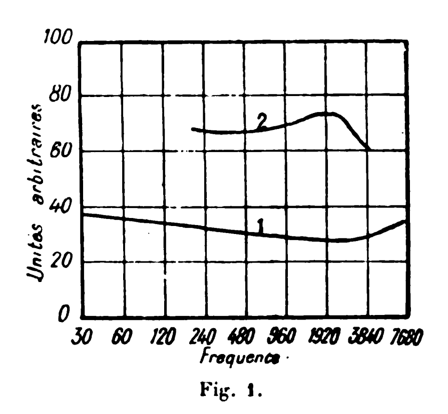


Fig. 1.

les auditions en local clos, la boîte est simple et ne contient qu'un appareil; pour les meetings en plein air, au contraire, la boîte est à double paroi et abrite 2 microphones contre les parasites dus au vent.

Les amplificateurs d'entrée (*Speech input amplifiers*). — Les courants microphoniques parviennent à l'amplificateur d'entrée par l'intermédiaire d'un tableau commutateur permettant un changement rapide des connexions, quand il y a plusieurs microphones à relier successivement. Cet amplificateur a pour but de leur donner une puissance suffisante pour alimenter dans des conditions convenables les amplificateurs de débit ou les lignes téléphoniques. Il en existe deux types d'efficacités différentes, correspondant à deux modes d'emploi des microphones : suivant que l'orateur parle dans une réunion à une distance du transmetteur qui peut varier de 1 à 2 mètres, ou dans son bureau, ou en local fermé, devant un appareil placé à quelques centimètres de sa bouche, on choisit l'un ou l'autre type.

Le premier type (fig. 2 *a*) comprend 3 étages d'amplification :

deux potentiomètres règlent respectivement la tension d'alimentation des deux premières lampes ; en outre, un dispositif également potentiométrique permet d'agir sur le courant microphonique. Un commutateur relie la sortie de la troisième lampe soit directement au second amplificateur, soit, quand l'émission est

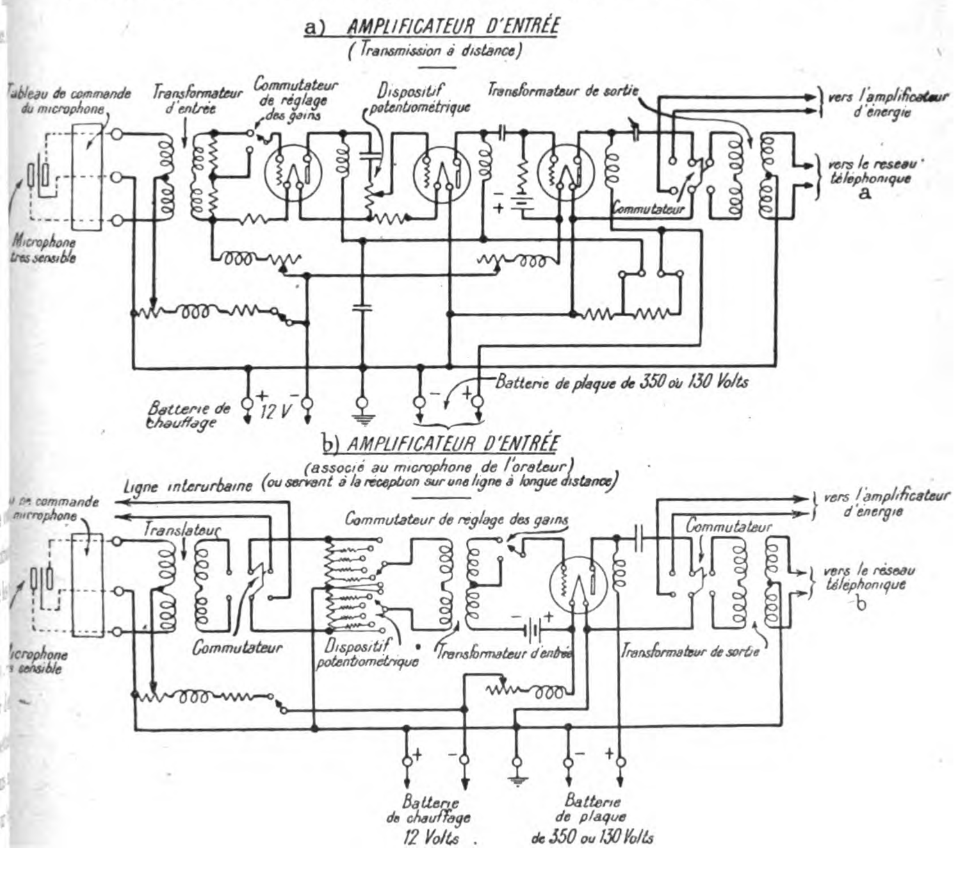


Fig. 2.

à destination d'un auditoire éloigné ou d'une station de radiotéléphonie, à un transformateur d'impédance secondaire appropriée au circuit téléphonique utilisé. Le chauffage des lampes est assuré par une batterie d'accumulateurs de 12 volts ; une installation spéciale fournit la tension de plaque qui est, selon les cas, de 350^{v} ou de 130^{v}. Le potentiel moyen de grille est obtenu

pour les deux premières lampes par l'artifice d'une chute ohmique dans le circuit de chauffage, pour la 3e lampe au moyen de petites piles sèches.

Le gain maximum que l'on puisse attendre de cet ensemble est de 85 milles de câble standard à 800 p. p. s., ce qui équivaut à un facteur de multiplication de puissance de $1,2 \times 10^8$: alors que la puissance à l'entrée est de l'ordre de 10^{-8} watts, elle atteint quelques dixièmes de watt à la sortie.

Le deuxième type d'amplificateur d'entrée (fig. 2 *b*) ne possède qu'une lampe fonctionnant dans des conditions analogues aux précédentes. Cependant, le transformateur d'entrée est relié à volonté soit à un translateur microphonique, soit aux bornes d'arrivée d'une ligne téléphonique. L'amplification de cet appareil, quoique relativement faible, est néanmoins suffisante, car le débit du transmetteur est, quand on emploie celui-ci à courte distance, environ 10.000 fois supérieur à ce qu'il est dans le cas de la grande distance.

Les amplificateurs de débit (*Power amplifier*). — Leur rôle est d'alimenter les haut-parleurs. Ils ne comportent qu'un seul étage d'amplification constitué par un nombre de lampes variant avec celui des récepteurs. Deux modèles ont été prévus :

a) Dans le modèle à grande puissance (coefficient d'amplification 200), deux groupes de deux lampes réunies en parallèle travaillent en « push-pull » comme l'indique la figure (3, *a*). Cette disposition assure un fonctionnement uniforme pour toutes les fréquences importantes et donne de meilleurs résultats que le simple montage en quantité. La tension plaque de 750^v est produite par un tube redresseur à vide, alimenté après transformation par un réseau d'énergie à 110^v ou 220^v et 60 p. p. s. ; les deux alternances de chaque cycle sont utilisées, et des filtres rectifient le courant ondulé résultant. Un potentiomètre réduit à 350^v la tension appliquée aux plaques de l'amplificateur d'entrée. Enfin un transformateur-abaisseur fournit les 12^v ou 14^v nécessaires au chauffage des filaments. La consommation totale est de 1.500^v. Afin d'éviter les dangers qu'entraîne l'emploi d'une tension élevée, on recouvre l'amplificateur de puissance d'une enve-

loppe métallique solidaire d'un interrupteur qui supprime la tension dès que l'enveloppe est enlevée.

b) Pour les auditoires relativement restreints, a été construit le modèle de puissance moyenne (amplification 33) avec deux lampes associées en « push-pull » (fig. 3, *b*). La tension de

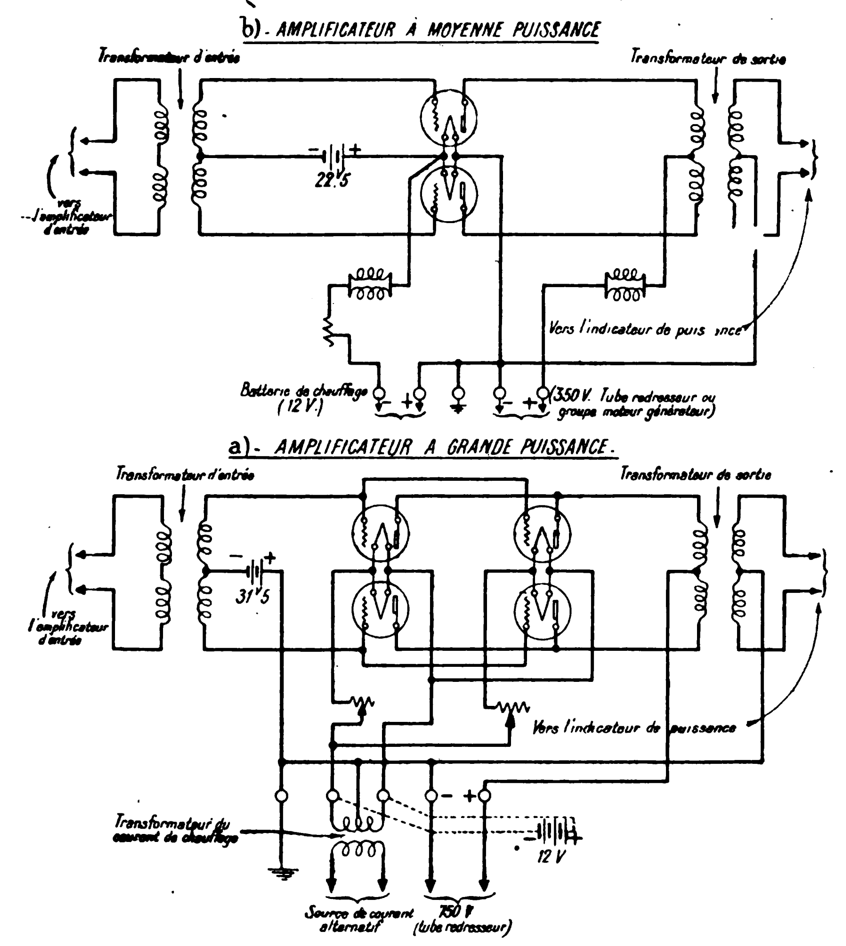


Fig. 3.

plaque de 350v est obtenue à l'aide d'un petit groupe moteur générateur absorbant 600v, composé d'un moteur directement rélié au réseau d'énergie et de deux génératrices dont l'une est

à haute tension et dont l'autre, à basse tension, contribue avec les accumulateurs en batterie-tampon au chauffage des lampes : là encore des filtres étouffent les harmoniques de commutation ou de denture et le bruit des étincelles au collecteur.

Cet ensemble d'amplificateurs, susceptible de nombreuses combinaisons, se prête particulièrement bien aux réalisations pratiques. De plus, grâce au réglage individuel de chaque appareil, il est facile de rester en toute circonstance dans les conditions du meilleur fonctionnement. Ces conditions doivent être étudiées pour chaque amplificateur et permettent d'en définir deux coefficients caractéristiques :

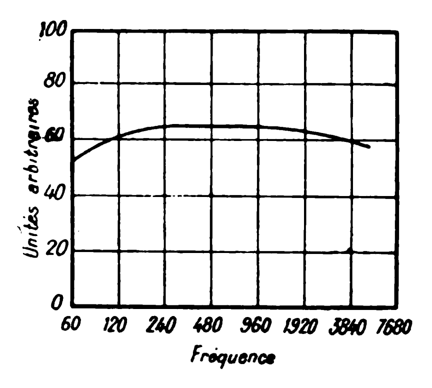


Fig. 4.

1) Le facteur d'amplification, c'est-à-dire le rapport entre les puissances qu'il transmet et qu'il reçoit, quand cette dernière est assez petite pour qu'il n'y ait pas de surcharge des appareils connectés à sa sortie ;

2) Le coefficient de surcharge ou de puissance se rapportant à la puissance maximum qu'il est capable de fournir sans distorsion. Si, dans chaque cas, le degré d'amplification demeure en dessous du plus petit de ces coefficients, la distorsion sera très réduite, ainsi que le montre la courbe de la figure 4.

Les haut-parleurs. — Les haut-parleurs sont reliés à l'amplificateur de puissance par un transformateur dont le primaire et le secondaire ont des impédances soigneusement appropriées aux impédances des circuits des plaques et des hauts-parleurs.

Ils sont constitués (fig. 5) par une armature en fer placée entre les pôles d'un aimant permanent et passant par le centre des bobines que parcourent les courants téléphoniques. Un ressort et une légère articulation transmettent les vibrations de cette armature à un diaphragme de drap imprégné et ondulé afin d'avoir des mouvements de grande amplitude. L'ensemble est enfermé

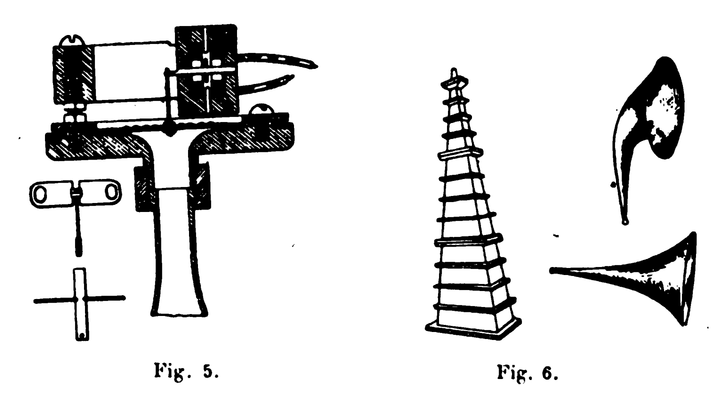


Fig. 5. Fig. 6.

dans une boîte qui le protège contre les chocs et l'humidité. Les plus puissants de ces haut-parleurs ont une portée de 300 mètres dans des conditions atmosphériques ordinaires. La figure 6 représente les trois types de projecteurs utilisés suivant les circonstances.

L'indicateur de puissance (*volume control*). — Ces appareils doivent pour fonctionner convenablement recevoir une quantité d'énergie appropriée à chacun d'entre eux. Il faut donc à chaque instant connaître le débit des amplificateurs de puissance et le régler suivant les besoins. Ce contrôle permanent est obtenu au moyen de ce que les Américains appellent le « volume control » et qui est un véritable voltmètre amplificateur détecteur. La figure 7 donne le schéma de l'installation d'ensemble : celle-ci se compose essentiellement d'un autotransformateur muni de 11 prises de sortie qui sont multiplées sur les contacts de 8 commutateurs circulaires ; 7 d'entre eux correspondent à 7 groupes différents de haut-parleurs, le huitième est réservé au haut-parleur de contrôle. L'observateur peut ainsi se rendre compte

de la marche des 7 groupes et parfaire leur réglage en conséquence.

Les lignes téléphoniques. — Si l'indicateur de puissance est indispensable pour le contrôle des haut-parleurs, il est aussi précieux pour une bonne utilisation des lignes téléphoniques quand il en est fait usage. La quantité d'énergie qu'elles véhiculent ne doit pas, en effet, être quelconque : si elle est trop faible, les parasites deviennent prépondérants, alors que, pour être négligeables, ils ne doivent représenter qu'une puissance inférieure au dix-millième de la puissance utile ; si elle est trop forte, elle provoque des effets d'induction exagérés et surcharge les relais amplificateurs du service normal. Il y a donc lieu de se tenir dans un juste milieu et d'étudier soigneusement les lignes que l'on choisit pour le « Public Address System ».

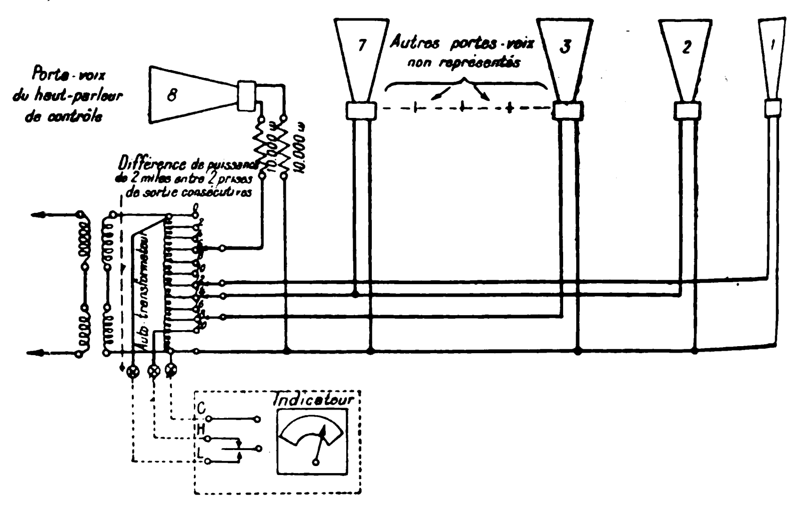


Fig. 7.

Cette étude aura, du reste, aussi pour objet la détermination des qualités de transmission des lignes. Les circuits téléphoniques, en raison de leurs caractéristiques linéïques (capacité, résistance...) ont un affaiblissement variable avec la fréquence, créant ainsi une distorsion qu'il est nécessaire de corriger dans certains cas. Parfois même, pour écouler simultanément sur un

circuit des communications de nature diverse, on restreint la zone des fréquences transmises à la portion strictement nécessaire à un bon rendement commercial (400 p. p. s., 2.000 à 2.500 p. p. s.) : nous reproduisons fig. 8 la caractéristique d'un

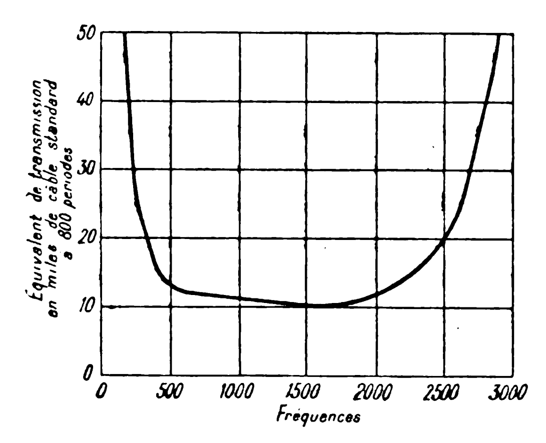


Fig. 8.

circuit New York-San Francisco qui se trouve dans ces conditions par suite de la nécessité de conduire, en plus des courants téléphoniques, un courant télégraphique ordinaire et un courant porteur à haute-fréquence. La reproduction par haut-parleurs

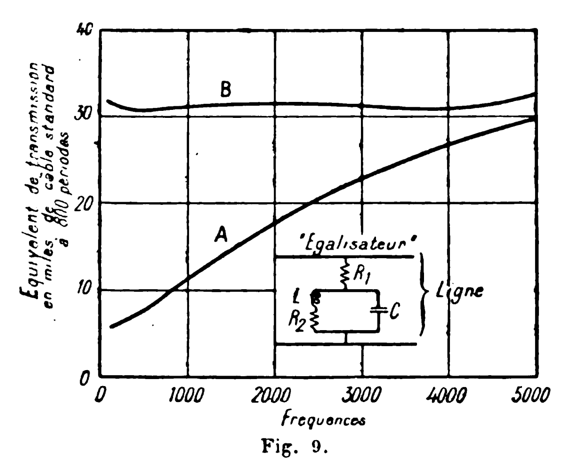


Fig. 9.

exigeant, comme on l'a vu, l'extension jusqu'à 5.000 p. p. s. de la

bande des fréquences conservées, toutes les lignes ne conviennent donc pas au « Public Address System ». Celles qui, à cet égard, donnent les meilleurs résultats sont les lignes aériennes non chargées qui déforment relativement peu et les lignes souterraines très légèrement chargées et munies d' « égalisateurs » (equalizers) pour atténuer les différences d'affaiblissement (fig. 9).

C'est donc seulement par un choix judicieux des circuits utilisés et par une adaptation convenable des appareils précédemment décrits que l'on peut réunir les éléments nécessaires à une transmission satisfaisante. Nous examinerons maintenant rapidement l'association de ces divers éléments, telle qu'elle est fréquemment réalisée et les difficultés qu'elle comporte.

Schémas de transmission du « Public Address System »

Amplification en local. — Comme nous l'avons déjà signalé, le « Public Address System » a pour but immédiat l'amplification sur place des courants microphoniques en vue de l'alimentation des haut-parleurs situés à proximité de l'orateur. C'est le cas le plus simple théoriquement (fig. 10), mais la disposition pratique des appareils peut être assez délicate, car il faut tenir compte de nombreux éléments perturbateurs d'origine acoustique, en général inhérents aux espaces où les sons se propagent :

a) Les effets de réflexion ou de sonorité qui se traduisent par la persistance des sons après l'arrêt de la cause qui les a produits et qui tendent à provoquer des phénomènes d'interférence avec les sons émis ultérieurement. Il en résulte une certaine confusion et une mauvaise qualité de l'audition, auxquelles on peut remédier par la disposition d'étoffes ou de substances qui absorbent les bruits.

b) L'écho est un phénomène analogue qui se distingue généralement des précédents par un plus grand intervalle de temps entre l'audition des sons émis et réfléchis. Il se produit, le plus souvent, dans de grands espaces entourés de constructions ou d'arbres ; parfois même, la forme des surfaces réfléchissantes est

favorable à la formation de véritables images sonores où le volume du son devient considérable et qui sont particulièrement gênantes. Une meilleure répartition des haut-parleurs corrige efficacement cet effet.

c) Cette répartition doit être également surveillée au point de vue de la réaction que les sons reproduits peuvent exercer sur les microphones quand ils sont susceptibles de les atteindre ; si la réaction est assez forte et s'il y a concordance de phase entre

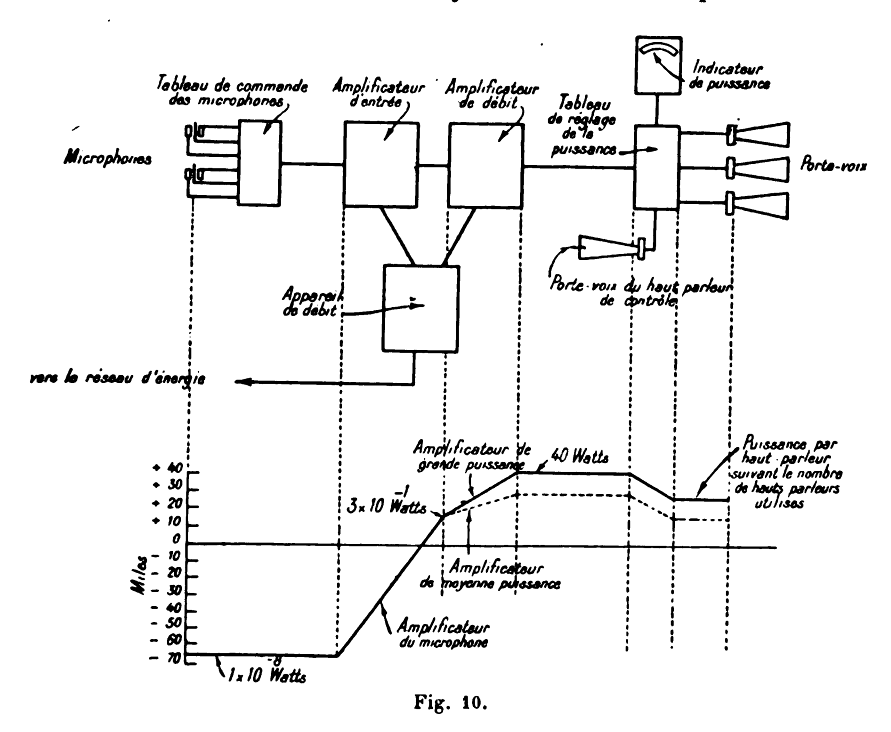


Fig. 10.

les sons directs et les sons amplifiés au moment où ils frappent le diaphragme du transmetteur, il y a production d'un son continu : l'appareil chante ; si la réaction est moins forte, il y a simplement distorsion et diminution de l'intelligibilité.

d) Notons enfin des effets de résonance plutôt dus aux appareils transmetteurs qu'aux salles, dont la fréquence propre est, en général, très basse, et des effets de diffraction quand les ondes sonores passent à travers des ouvertures régulièrement espacées,

ou d'interférence entre les ondes issues des divers haut-parleurs.

S'il est nécessaire de porter une attention toute spéciale à l'élimination de ces divers troubles, il ne faut cependant pas négliger certains facteurs d'ordre psychologique qui interviennent aussi dans l'ordonnance de l'installation. Par exemple, les auditeurs étant accoutumés dans la conversation courante à coordonner leurs sensations visuelles et auditives, il sera bon de placer les haut-parleurs à proximité de l'orateur, à quelques mètres au-dessus de lui ou légèrement sur le côté par rapport à

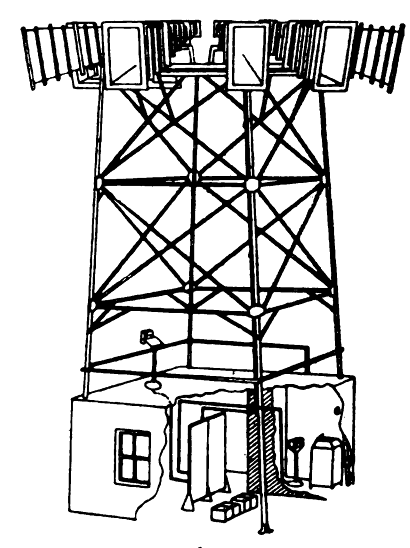


Fig. 11.

lui, afin de laisser aux éditeurs l'illusion que c'est sa voix elle-même qui parvient à leurs oreilles. On devra, de même, garder un juste rapport entre le degré de l'amplification et la puissance de la voix ; la proportion des fréquences basses de la voix est, en effet, d'autant plus faible que son volume est plus grand ; il en résulte que, si l'orateur parle sur un ton modéré, on devra recourir à une amplification moyenne, sinon, les sons amplifiés paraîtront peu naturels et étouffés aux auditeurs qui, d'instinct, auront l'impression que l'orateur s'exprime avec force. L'ampli-

fication sera, en pratique, réglée de façon que l'intelligibilité aux derniers rangs de l'assistance soit bonne, mais sans exagération de l'intensité.

Pour satisfaire à toutes ces conditions, il faut, dans chaque cas particulier, disposer les haut-parleurs selon les circonstances. Il existe cependant un type d'équipement démontable (fig. 11) qui peut convenir pour des assemblées comprenant jusqu'à

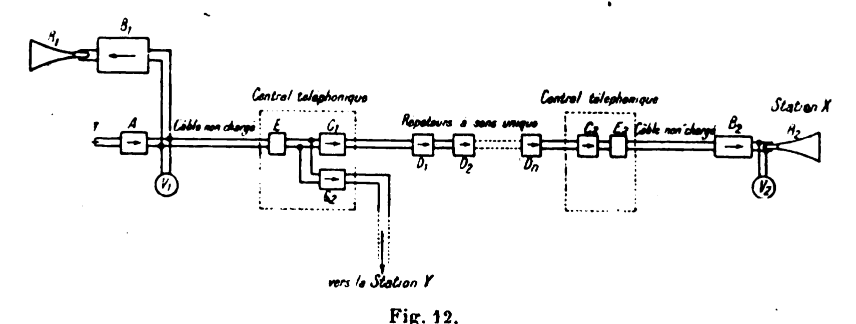


Fig. 12.

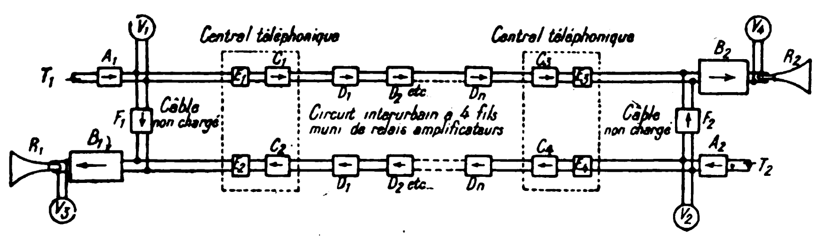


Fig. 13.

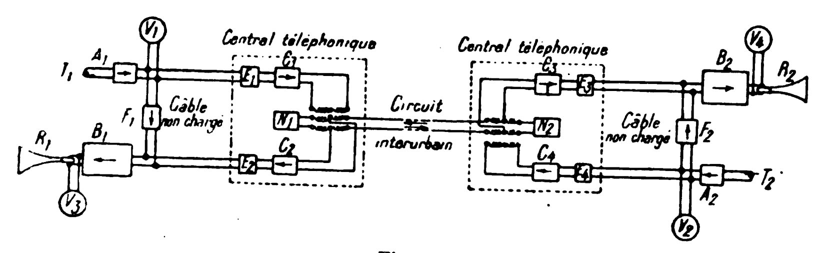


Fig. 14.

700.000 personnes. L'orateur se tient sur une petite plate-forme surmontée d'un échafaudage qui porte les hauts-parleurs et sous laquelle se trouve la chambre de contrôle ; cette dernière con-

tient deux panneaux (visibles sur la figure) sur lesquels sont fixés les amplificateurs et les appareils de contrôle et de transformation de puissance. Le microphone repose devant l'orateur sur un pupitre spécial. Des modèles plus réduits montés sur automobile ont été établis pour des réunions d'importance moindre (jusqu'à 50.000 personnes).

Transmission à distance. — Le « Public Address System » combine souvent la reproduction locale avec la transmission par lignes téléphoniques. Cette transmission peut être assurée dans un seul sens ou dans les deux sens. Le premier cas est celui de la figure 12 où l'on a supposé que deux transmissions à distance étaient réalisées : à la sortie du microphone T et de l'amplificateur d'entrée A qui lui est associé, le courant mesuré par un indicateur de puissance V va, d'une part, dans l'amplificateur de débit B et les haut-parleurs R, d'autre part, dans le câble non chargé qui relie le poste d'émission au central téléphonique (Toll office) ; un « égalisateur » E compense la distorsion due à ce câble ; du central partent les deux lignes interurbaines pourvues des amplificateurs C_1 et C_2, parfois d'autres relais si elles sont longues, et qui aboutissent, par les centraux d'arrivée et l'équipement urbain ordinaire (câbles, égaliseur), aux amplificateurs de puissance et aux haut-parleurs des postes de réception.

Les transmissions réciproques ou dans les deux sens peuvent s'obtenir par la combinaison de deux installations simples réunies par des liaisons unilatérales destinées à la réception locale (fig. 13) ; le sens unique de parcours de ces liaisons empêche la réaction entre les circuits d'arrivée et le départ. On réalise aussi de telles transmissions avec deux fils seulement grâce à l'emploi dans les relais de lignes artificielles équivalentes au circuit interurbain utilisé (fig. 14). La figure 15 montre comment on résoudrait le problème de deux communications bilatérales avec deux stations différentes à l'aide d'un transformateur à trois enroulements ; les amplificateurs C_1 et C_2 ont pour but de compenser le peu d'efficacité du couplage du poste principal avec les lignes interurbaines.

Les différents cas particuliers se trouvent résumés dans le schéma des connexions établies entre New-York, San Francisco et Washington le jour de la commémoration de l'armistice et de l'inhumation du soldat américain inconnu (fig. 16).

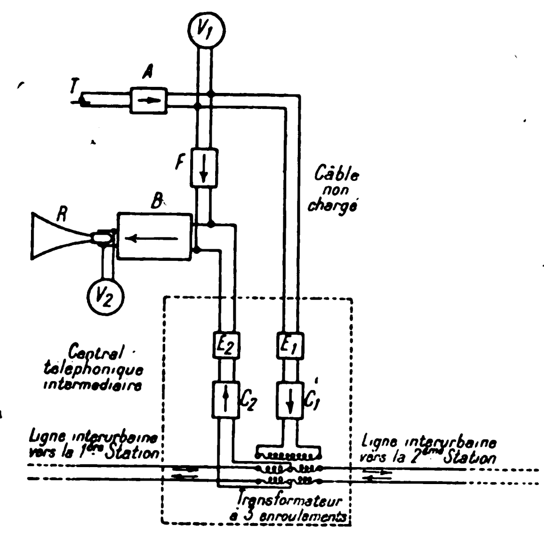


Fig. 15.

Des transmissions du genre de celles qui viennent d'être décrites demandent à être préparées longtemps d'avance et en détail ; des mesures répétées des constantes des lignes et des divers appareils s'imposent. Il faut aussi prévoir des circuits de secours et des lignes télégraphiques reliant entre eux les observateurs qui, en de nombeux points, sont préposés à la surveillance des organes de transmission ; des observateurs seront de même disséminés dans les salles de réception parmi les auditeurs pour contrôler les effets acoustiques que n'aurait pas décelés l'étude préliminaire ; munis d'un récepteur téléphonique et d'un microphone, ils signalent les modifications qu'il peut être nécessaire d'apporter aux différents réglages. Enfin, l'efficacité des précautions est soumise à l'épreuve d'une sorte de répétition générale.

Perfectionnements futurs. — Ajoutons que le point d'aboutissement des lignes téléphoniques peut être une station de

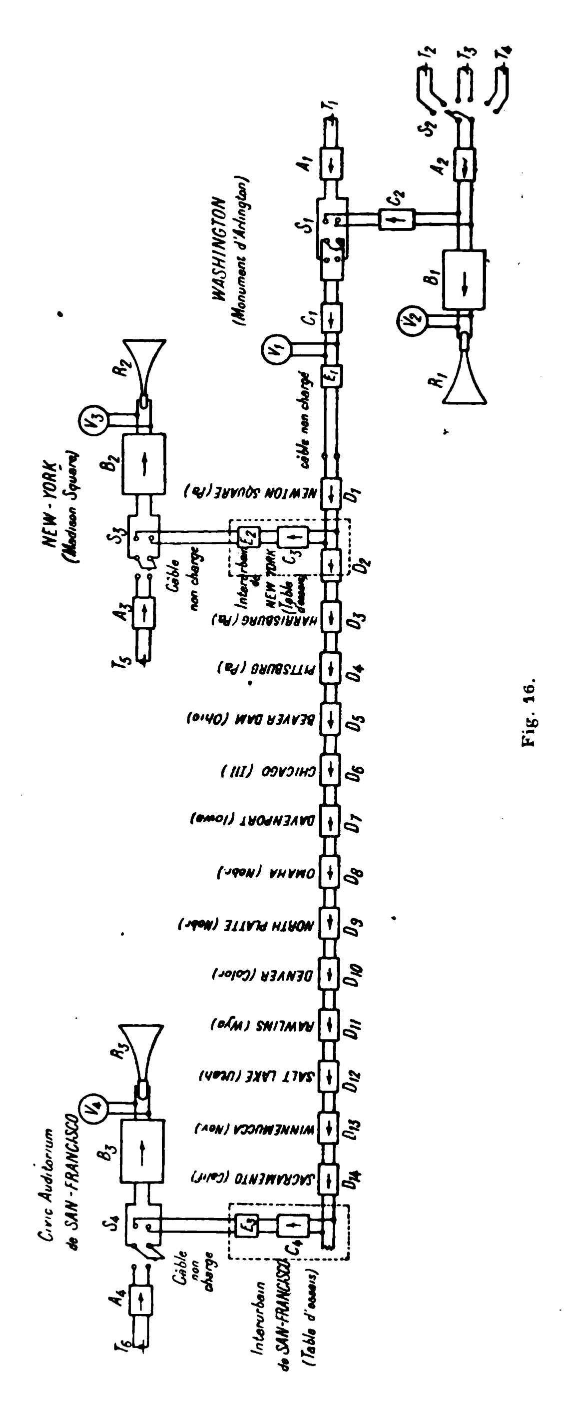

WASHINGTON (Monument d'Arlington)
NEW-YORK (Madison Square)
Civic Auditorium de SAN-FRANCISCO
câble non chargé
Câble non chargé
Interurbain de NEW YORK (Table d'essais)
Interurbain de SAN-FRANCISCO (Table d'essais)
NEWTON SQUARE (Pa)
HARRISBURG (Pa)
PITTSBURG (Pa)
BEAVER DAM (Ohio)
CHICAGO (Ill)
DAVENPORT (Iowa)
OMAHA (Nebr.)
NORTH PLATTE (Nebr.)
DENVER (Color.)
RAWLINS (Wyo)
SALT LAKE (Utah)
WINNEMUCCA (Nev)
SACRAMENTO (Calif)

Fig. 16.

radiotéléphonie. Le nombre des auditeurs croît alors dans des proportions inattendues et il est légitime de penser que le développement du « Public Address System », par fil ou sans fil, ne connaît théoriquement plus de limite, puisque l'on sait construire les amplificateurs assez puissants qu'il exige.

Cependant, de grands progrès restent à faire relativement à la perfection de la transmission : il faut améliorer encore les caractéristiques de fréquence pour augmenter la pureté du son ; mais il faut surtout assouplir les appareils et les rendre capables de suivre fidèlement les plus grandes variations de l'intensité des sons. Leur zone de fonctionnement normal paraît, en effet, très réduite en comparaison des différences de sonorité que l'on rencontre dans l'exécution d'une même partition et qui peuvent atteindre le rapport de 50.000 à 1. Pour demeurer dans les limites étroites que tracent, d'une part, les parasites et, d'autre part, les phénomènes de distorsion et de surcharge, on se contente actuellement de modifier le réglage d'une façon continue suivant les indications du « Volume control ». Quoique ces variations passent inaperçues, si elles sont faites par fractions assez petites, il serait, à coup sûr, préférable et plus conforme à la réalité que les futurs appareils aient une latitude de fonctionnement beaucoup plus étendue et en harmonie avec la diversité infinie des thèmes à reproduire.

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE
DES WAGONS-POSTE ET DES WAGONS DE CHEMINS DE FER (1)

Par M. HANFF,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

Systèmes à régulation interne.

Dans les équipements étudiés jusqu'à présent, la caractéristique de charge de la batterie était imposée à la dynamo par un régulateur distinct de celle-ci. On n'imposait à la machine qu'une seule condition : posséder des inducteurs peu saturés. A toute variation du courant d'excitation devait en effet correspondre une variation proportionnelle du champ inducteur.

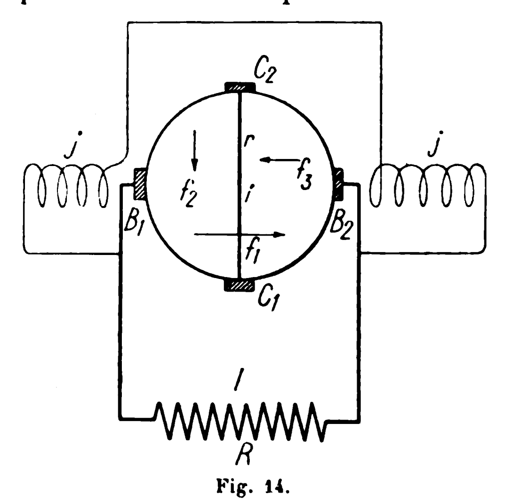


Fig. 14.

On est parti d'une autre idée dans les équipements que nous allons décrire maintenant : il s'agit de construire une machine à

(1) Voy. *Annales des Postes et Télégraphes*, n° 9, septembre 1923, p. 1098.

régulation interne, possédant par elle-même une caractéristique volt-ampères donnée, indépendante de la vitesse. Le problème est résolu dans le cas d'une caractéristique à courant constant, par l'emploi de la dynamo Rosenberg ou de la dynamo à 3 balais.

Dynamo Rosenberg.

C'est une dynamo bipolaire shunt ordinaire, à induit en tambour. Les inducteurs sont peu importants ; les 2 balais reliés au circuit extérieur sont calés suivant la ligne des pôles ; 2 autres balais, placés suivant le diamètre perpendiculaire à la ligne des pôles, sont en court-circuit.

Un calcul simple, qui nous a été communiqué par la Société E.V.R., permet de résumer les propriétés d'une pareille machine. Adoptons les notations de la figure, et soit N le nombre de conducteurs périphériques de l'induit, n le nombre de tours par minute.

Supposons d'abord l'excitation séparée. Au champ inducteur, proportionnel à j, (en supposant les inducteurs peu saturés, ce qui est réalisé, car j reste toujours faible), et dirigé dans le sens

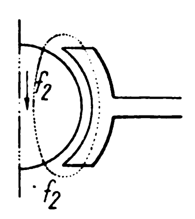


Fig. 15.

de la flèche f_1, correspond un courant induit, qui se ferme par le court-circuit C_1 C_2, B_1 et B_2 étant au même potentiel. Ce courant i s'accompagne d'un flux à travers l'induit, proportionnel à i, et perpendiculaire au premier. Le circuit magnétique correspondant est constitué par l'armature de l'induit, les épanouissements polaires, et l'entrefer qui sépare ces épanouissements de l'armature. Le champ f_2 induit à son tour une $f.e.m.$ dans l'induit ; d'où apparition d'une différence de potentiel entre les

balais principaux, circulation d'un courant I dans le circuit extérieur. Enfin le champ f_2 dû à ce courant est opposé au champ f_1, comme il est facile de le voir, et tend à le réduire.

En résumé, il y a un flux résultant à travers l'induit, dont les composantes horizontale et verticale sont proportionnelles à f_1-f_2 et f_2, soit à $(aj\text{-}NI)$ et Ni.

En négligeant les pertes Joule dans l'induit, on a donc :

$$\begin{cases} ri = k\,(aj - \mathrm{NI})\, n \\ \mathrm{RI} = k'\, n\, \mathrm{N}i \end{cases}$$

On tire des équations précédentes :

$$\mathrm{I} = \frac{a\,k\,k'\,\mathrm{N}\,n^2 j}{\mathrm{R}_r + k\,k'\,\mathrm{N}^2\,n^2}$$

1°) n ne figure dans cette expression que par n^2. La polarité d'une pareille machine est donc indépendante du sens de rotation.

2°) Les balais C_1 et C_2 étant en court-circuit, on a $r = 0$ la valeur de I est indépendante de n, et ne dépend que de celle de j. La machine est à débit constant. On règle l'intensité du courant I en agissant sur l'excitation. Même si r n'est pas négligeable, la valeur de I est limitée, et reste toujours plus petite que $\frac{aj}{\mathrm{N}}$.

Les résultats précédents ne sont pas modifiés si l'on rétablit l'excitation shunt, et si la machine charge une batterie d'accumulateurs ; cette dernière assure en effet la constance du champ f_1 à la différence près des tensions en charge et en décharge. La force électromotrice de la machine est égale à chaque instant, à la force contre-électromotrice de la batterie.

La machine, convenablement construite, commute bien à toutes vitesses, bien que la position des balais principaux puisse sembler anormale. En réalité, ces balais sont placés dans une zone neutre par rapport au champ f_2, le plus puissant de la machine.

D'autre part, les pertes joule dans l'induit, dont une moitié est parcourue par le courant $I + i$, l'autre moitié, par le courant

$I - i$, sont les mêmes que si l'induit était traversé en entier par un courant de valeur efficace $\sqrt{I^2 + i^2}$, supérieur de 7 % à l'intensité de I.

Application aux équipements d'éclairage des Trains.

La charge de la batterie par la dynamo Rosenberg se fait automatiquement à courant constant, nous venons de le voir. Il faudra se prémunir contre les surcharges, soit à l'aide d'un limiteur de charge, soit à l'aide d'un régulateur à tension constante, intervenant au moment où la tension qui correspond à la pleine charge est atteinte. Le second procédé présente un double avantage sur le premier ; 1°) il permet, la remise en état d'une batterie sulfatée; 2°) il permet l'éclairage sans batterie, et sans régulateur supplémentaire aux lampes — (ce qui ne serait pas possible si l'on se contentait d'assurer la constance du débit de la dynamo).

Le système « État E.V.R. », tel qu'il fonctionne sur les chemins de fer de l'État, s'inspire de ces considérations. Disons tout de suite, pour n'y plus revenir, que l'on peut aussi imposer à la dynamo Rosenberg une caractéristique à tension croissante, courant décroissant. C'est ce qui a été réalisé dans l'équipement des voitures de banlieue des chemins de fer de l'État, où l'on pratique l'éclairage collectif en adjoignant un régulateur Dick à une dynamo Rosenberg. L'avantage que peut présenter l'emploi de cette machine réside dans le calage fixe des balais.

L'Electric Storage Battery a aussi proposé un montage qui, grâce à l'emploi de résistances Nernst, en fer, à coefficient de température élevé, maintenant constant dans de larges limites le courant qui les traverse, permet d'obtenir une charge à tension constante sans l'intervention d'aucun régulateur mécanique. Ce montage a été simplifié par l'E.V.R. mais n'a pas reçu jusqu'ici d'applications en France. (Voir le *Génie civil* du 8 juillet 1922.)

Equipement Etat. E.V.R.

Les caractéristiques sont :

Nombre d'éléments de la batterie :	10
Tension des lampes	20 volts
» de la dynamo	20/25 volts
Débit de la dynamo	0/65 Ampères
Vitesse de la dynamo	400/1800 t.p.m.

1°) *Marche sans éclairage.* — La tension est maintenue constante en fin de charge par un régulateur à action rapide, genre Tirrill.

Régulateur vibrant. La différence entre ce régulateur, et ceux que nous avons étudiés jusqu'à présent, est la suivante : alors que les régulateurs Brown-Boveri, Dick, Vickers, introduisaient progressivement des résistances dans le circuit d'excitation de la machine, le régulateur vibrant y introduit une seule résistance, fixe, pendant un temps plus ou moins long. En somme, la self-induction des inducteurs, qui constitue une gêne dans les régu-

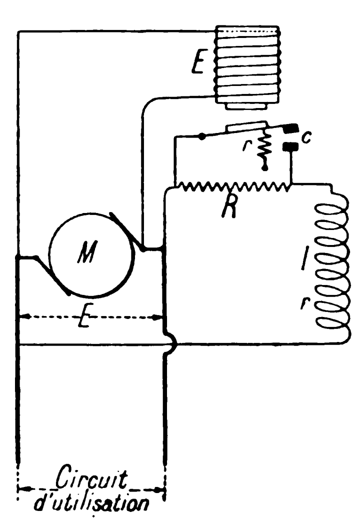


Fig. 16.

lateurs à action progressive, joue maintenant le rôle essentiel dans le réglage.

D'une manière générale, soient M l'induit, I, l'inducteur d'une machine dont on veut maintenir constante la tension aux bornes d'utilisation, quelle que soit sa vitesse. Aux bornes de l'électro de réglage agit la tension de la machine. Quand celle-ci dépasse une certaine valeur, E attire son armature et rompt le court-circuit de R ; R est introduite dans le circuit d'excitation, la tension baisse, et le ressort r rétablit le court-circuit. Le contact c vibre donc grâce à l'antagonisme de deux forces : attraction de l'électro, tension du ressort. Le rapport des intervalles de temps dt_1, pendant lequel le contact est fermé, et dt_2 pendant lequel il est ouvert, est déterminé par la tension initiale du ressort.

A chaque valeur de la fraction $\frac{dt_1}{dt_2}$ correspondra une valeur moyenne bien déterminée du courant d'excitation de la machine, c'est-à-dire, de sa force électro-motrice.

Soient en effet : $j_1 = \frac{E}{r} = \alpha_1 J$ et $j_2 = \frac{R+r}{E} = \alpha_2 J$, les deux valeurs du courant d'excitation suivant que R est ou n'est pas court-circuitée (en régime permanent). Soit J_1 le courant d'excitation au temps t_1 après l'établissement du court-circuit :

$$1) \qquad J_1 = \alpha_1 J \left(1 - e^{-\frac{t_1}{\alpha_1 T}}\right).$$

T constante de temps des inducteurs.

Soit de même J_2 le courant d'excitation au temps t_2, après rupture du court-circuit :

$$2) \qquad J_2 = \alpha_2 J + J(1 - \alpha_2) e^{-\frac{t_2}{\alpha_2 T}}.$$

On tire de là, par dérivation :

$$(2) \qquad \begin{cases} \frac{dJ_1}{dt_1} = \frac{J}{T} e^{-\frac{t_1}{\alpha T_1}} = -\frac{J}{T} \times \frac{J_1 - \alpha_1 J}{\alpha_1 J} = \frac{\alpha_1 J - J_1}{\alpha_1 T} \\ \frac{dJ_2}{dt_2} = -\frac{J}{\alpha_2 T}(1 - \alpha_2) e^{-\frac{t_2}{\alpha_2 T}} = -\frac{J_2 - \alpha_2 J}{\alpha_2 T}. \end{cases}$$

Quand le régulateur fonctionne régulièrement, le courant

d'excitation de la machine oscille autour d'une valeur moyenne. Il croît de $d\,J_1$ après établissement du court-circuit, décroît de $d\,J_2$ après rupture du court-circuit. L'existence d'un régime moyen d'excitation se caractérisera donc par : $d\,J_1 = -\,d\,J_2$.

D'où, par les formules (3) : $\frac{t\,d_1}{d\,t_2} = \frac{J_2 - \alpha_2 J}{\alpha_1 J - J_1} \times \frac{\alpha_1}{\alpha_2}$.

Cette égalité détermine J_1 en fonction de $\frac{d\,t_1}{dt_2}$.

Ce que nous pouvons appeler la fréquence de vibrations d'un pareil système, est la quantité $\frac{1}{d\,t_1 + d\,t_2} = N$, qui peut se calculer par les formules précédentes :

$$N = \frac{1}{d\,J_1} \times \frac{(\alpha_1 J - J_1)(J_1 - \alpha_2 J)}{T(\alpha_1 - \alpha_2) J_1}.$$

Le régulateur effectue donc une série d'oscillations de faible amplitude, haute fréquence, si minimes et si rapides qu'une moyenne s'établit automatiquement pour maintenir la f. e. m. à une valeur constante.

On ne peut employer, en général, ce régulateur sous une forme aussi simple, à cause des étincelles qui se produiraient au contact. La chose est cependant possible avec une dynamo Rosenberg, parce que le courant d'excitation est très faible aux faibles vitesses et à pleine charge, et varie en sens contraire de la vitesse. Il y a plus : ce courant devient sensiblement nul, et s'inverse légèrement, en restant de l'ordre du $\frac{1}{10}$ d'ampère, aux grandes vitesses et à vide (le magnétisme rémanent des inducteurs suffisant pour obtenir aux bornes de la machine, et à vide, la tension normale à la vitesse normale). Pour éviter que la tension de la machine ne prenne des valeurs exagérées aux grandes vitesses, dans le cas où, pour une raison quelconque, la batterie d'accumulateurs viendrait à être mise hors circuit, il faut donc pouvoir réaliser cette inversion du courant inducteur. C'est pourquoi la Société E. V. R. a muni son régulateur vibrant d'un double contact, tout en montant l'inducteur d'une manière spéciale :

1° En régime normal, celui-ci est connecté à un des balais principaux, et à un des balais en court-circuit ;

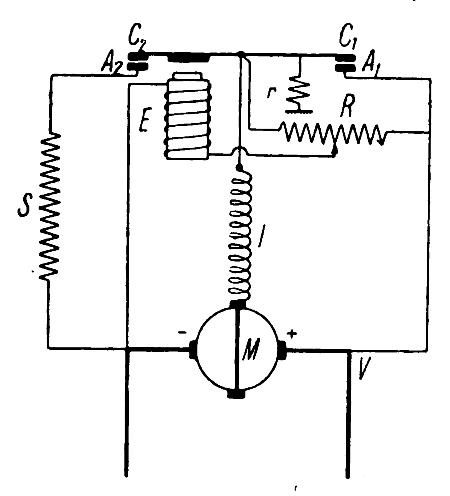


Fig. 17. — Régulateur vibrant à double contact.

2° En cas d'élévation anormale de la tension, l'inducteur vient se placer selon la diagonale d'un pont de Wheatstone, dont 2 des bras ont pour résistance égale celle du $\frac{1}{4}$ de l'induit, la 3ᵉ et la 4ᵉ branche étant constituées par des résistances R et S.

On passe d'un montage à l'autre suivant que les contacts A_1 C_1 ou A_2 C_2 du régulateur sont fermés. Quand le contact vibre au voisinage de A_1 C_1, la résistance R, alternativement court-circuitée, et remise dans le circuit, règle la tension par le mécanisme étudié plus haut. Quand la tension tend à monter d'une manière anormale l'électro E attire davantage son armature, parce que la présence de la résistance R ne suffit plus pour donner à la tension de la dynamo une valeur correspondant au relâchement de l'armature par l'électro. Le régulateur bat alors dans le voisinage de A_2 C_2, ce qui a pour effet de réaliser alternativement les montages 1° et 2°. Un choix convenable des résistances R et S permet d'obtenir l'inversion du sens du courant inducteur chaque fois que A_2 C_2 est fermé. Le réglage de la tension du ressort intervient ensuite, et permet de donner au cou-

rant moyen d'excitation une valeur faiblement négative quand le contact vibre au voisinage de $A_2 C_2$.

Il est possible d'obtenir un relâchement rapide de l'armature vibrante en faisant tomber le courant qui traverse l'électro de réglage E à une valeur moindre aussitôt que l'armature est atti-

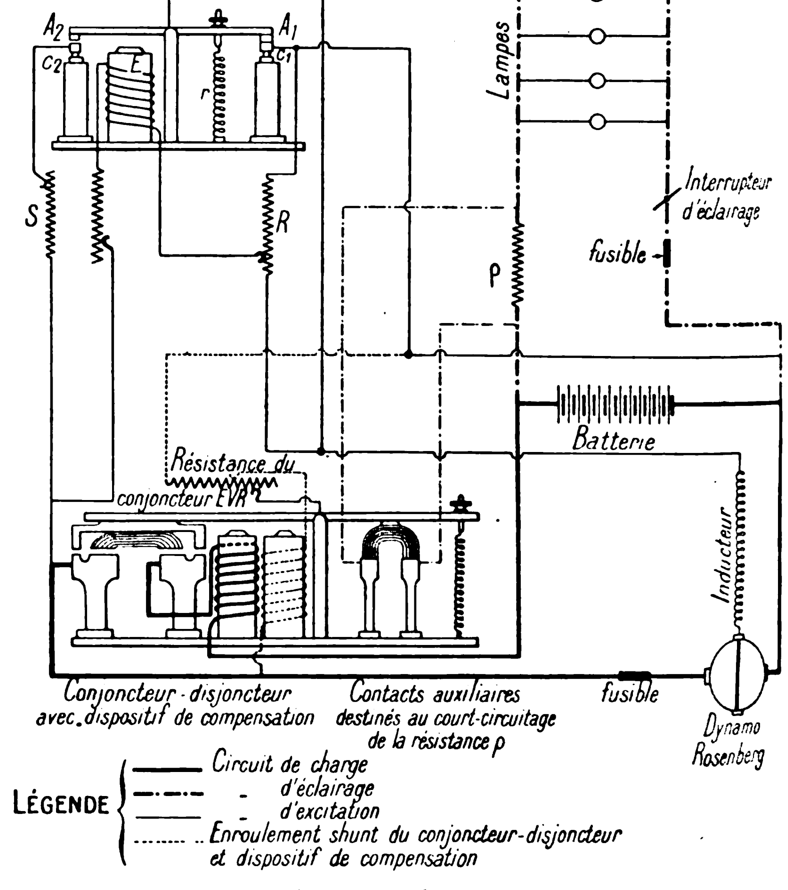


Fig. 18. — Équipement État E.V.R. Type M.

rée. Ceci se réalise d'une manière très simple, en connectant une des bornes de l'électro en un point de la résistance R, et non à la borne V de la machine.

En résumé : Aussitôt atteinte la vitesse correspondant à l'enclenchement du conjoncteur-disjoncteur (exactement semblable à l'appareil décrit à propos du système Dick-E. V. R.), la charge de la batterie commence, et s'opère à courant constant. Quand cette opération est terminée, le régulateur vibrant maintient constante (et égale à la f. e. m. de la batterie chargée) la tension aux bornes de la machine. Si par hasard celle-ci fonctionnait à vide, il n'en résulterait néanmoins pas d'augmentation anormale de tension, grâce au 2e contact vibrant du régulateur.

2° *Marche avec éclairage.* — Le réseau d'éclairage est directement en parallèle avec la batterie et la dynamo. La tension aux bornes des lampes varie donc entre celle de la batterie en période de décharge, et les différentes tensions en période de charge.

Pour éviter que les lampes soient soumises à ces variations, on fait usage d'un régulateur, qui fait varier automatiquement la résistance d'un rhéostat en série avec le réseau d'éclairage. Ce rhéostat absorbe à tout moment une tension égale à la différence entre la tension appliquée momentanément à la batterie et la tension de la batterie en décharge. Le régulateur employé est le régulateur Thury, à servo-moteur, encliquetages, et relais de tension.

On supprime cet appareil dans l'équipement des nouvelles voitures de l'Etat. Sa présence est en effet une source de dérangements ; de plus, l'installation des résistances derrière le coffret de réglage détermine un échauffement important. On lui substitue une résistance fixe en série dans le réseau d'éclairage, ρ. Nous avons vu, à propos du système Dick, que ce procédé ne présentait pas d'inconvénients, si les variations de tension étaient lentes, et ne dépassaient pas 10 °/o en plus ou en moins de la tension normale. Voici les chiffres indiquées à ce sujet par la Société E.V.R.

Éclairage normal : 25 Ampères : R = 0,15 ohm.

	Tension aux bornes du réseau d'éclairage	Tension aux bornes des lampes
Éclairage sur batterie	20 volts	20 volts
» » dynamo	23	19,25
» » »	24	20,25
» » »	25	21,25

Ajoutons enfin que la résistance ρ est court-circuitée par un contact auxiliaire quand la batterie alimente directement les lampes, aux arrêts.

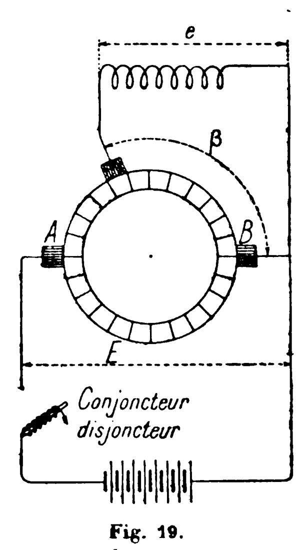


Fig. 19.

La dynamo à 3 balais.

Les caractéristiques de la dynamo à 3 balais sont beaucoup plus connues que celles de la dynamo Rosenberg. Comme cette dernière, la dynamo à 3 balais utilise, en vue d'une auto-régulation du courant débité sous vitesse variable, les phénomènes de réaction d'induit et de torsion du champ. Ici, le résultat est atteint en ajoutant à une dynamo shunt ordinaire, un balai supplémentaire décalé d'un angle β par rapport aux balais princi-

paux. L'excitation est branchée entre le balai supplémentaire et un balai principal. Cette machine, employée pour le démarrage des automobiles, l'éclairage électrique des automobiles et des trains, a été l'objet d'une étude théorique de la part de M. Iglésis (Communication du 2 février 1921 à la Société française des électriciens). M. Iglésis a ramené tous les phénomènes mis en jeu à la modification du calage de la ligne neutre, modification qui se produit automatiquement lorsque le débit et la vitesse varient eux-mêmes. M. Béthenod a repris la question au cours d'une communication parue dans le bulletin de la S.F.E. (avril 1922). La méthode de M. Iglésis ne lui permettait pas d'obtenir *directement* l'expression du débit de la machine en

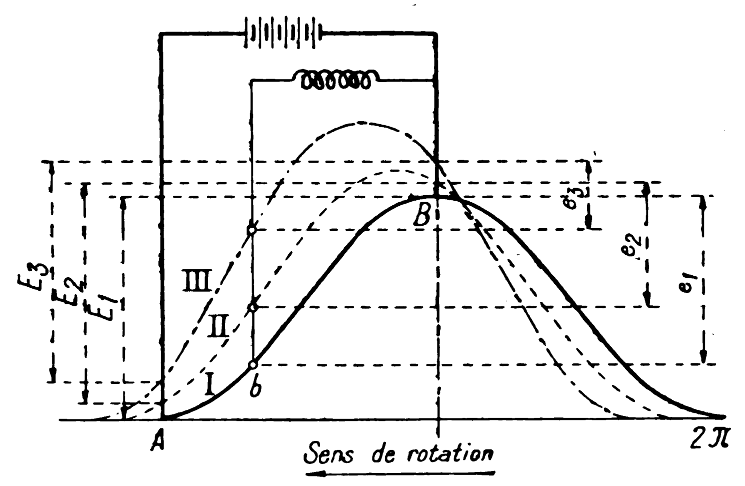


Fig. 20. — Répartition du potentiel sur le collecteur.

fonction de sa vitesse. M. Béthenod s'appuie sur le fait que la présence d'un 3e balai est la cause d'une f. e. m. supplémentaire, créée par la rotation des spires de l'induit comprises entre ce balai et le balai principal qui le suit, dans le champ produit par la circulation du courant extérieur entre les balais principaux. Cette f.e.m. est par conséquent porportionnelle à la vitesse angulaire ω, s'annule quand le balai auxiliaire coïncide avec un des balais principaux ; enfin, on peut admettre qu'elle est proportionnelle au débit I, donc de la forme : $\iota\omega$I. Appli-

quant cette remarque, M. Béthenod obtient immédiatement la relation : $I = f(N)$.

Nous résumerons ici les conclusions de ces deux auteurs, renvoyant aux bulletins de la S.F.E. pour l'exposition des calculs :

Il est facile de constater le décalage de la ligne neutre en promenant un des fils du voltmètre le long du collecteur, l'autre étant branché à une des bornes d'excitation. — « En fait, tout se passe comme si, la ligne neutre restant fixe, on décalait réellement l'ensemble des trois balais en arrière du sens de rotation. Si donc on représente par la courbe I la répartition du potentiel le long du collecteur quand la ligne neutre coïncide avec AB, on en déduit les tensions E et *e* ; en faisant glisser cette courbe dans le sens de rotation, pour reproduire le décalage de la ligne neutre, et en amplifiant les ordonnées, pour conserver E constant, on voit que les valeurs de *e* vont en diminuant de plus en plus quand la vitesse augmente. Mais la figure montre également que la différence de potentiel entre A et *b* va en croissant avec le décalage, ce qui oblige à placer le balai d'excitation en avant du mouvement, et à fermer l'excitation sur le balai principal qui le suit. » — Le courant d'excitation diminuant avec la vitesse, ou peut conduire tous les calculs comme si la machine était peu saturée. Le travail de M. Béthenod rend compte,

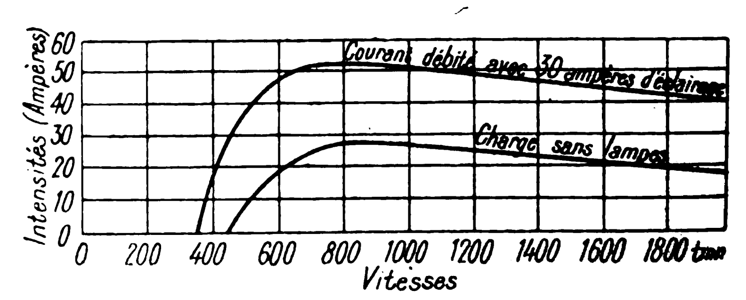


Fig. 21. — Courbes de réglage de la dynamo « Stone-Lilliput ».

en outre, du fait que le débit sur batterie d'accumulateurs décroît à partir d'une certaine vitesse ; il montre qu'en première approximation, le courant maximum s'obtient pour une vitesse double de la vitesse pour laquelle ce courant s'annule. Enfin, les

deux auteurs s'accordent à reconnaître que le débit augmente proportionnellement à la force contre-électromotrice de la batterie, ce qui nécessite, pour charger rationnellement cette dernière, l'adjonction de relais modifiant la constitution des circuits inducteurs (au moins dans le cas de l'éclairage des trains), ou d'enroulements inducteurs supplémentaires.

Deux équipements emploient la dynamo à trois balais : le système Stone-Lilliput, et le système Leitner.

Équipement Stone-Lilliput.

Il est décrit dans la communication de M. Iglésis. L'équipement comprend :

1° Une dynamo à trois balais de 50 ampères sous 24 volts et une batterie d'accumulateurs Dinin (P.-L.-M.);

2° Un inverseur de polarité ;

3° Un conjoncteur-disjoncteur automatique;

4° Une résistance de réglage des lampes.

1° Le balai démagnétisant de la *dynamo* est calé suivant un diamètre perpendiculaire à la ligne des balais principaux. La courroie de transmission est tendue par le poids même de la dynamo, dont l'inclinaison initiale est réglée à l'aide d'une tige filetée.

Des combinaisons d'enroulements inducteurs permettent :

a) De faire décroître le courant de charge à mesure que l'état de charge de la batterie s'améliore (marche sans éclairage).

b) De fournir automatiquement le supplément de débit requis par l'éclairage, quel que soit l'état de charge.

A cet effet, la dynamo comporte deux enroulements inducteurs en dérivation, g et h, et un enroulement série s, pris sur le circuit d'utilisation. « Au début de la charge, les deux enroulements g et h sont concourants ; il en résulte une certaine valeur, I, du courant débité par la dynamo. Dès que la f.c.e.m. de la batterie atteint 2,4 volts par élément, l'électro-aimant du limiteur de charge L attire un commutateur unipolaire à deux directions, c, qui, en branchant la sortie de l'enroulement h sur le

balai opposé, inverse le sens du courant dans cet enroulement. De ce fait, l'intensité du courant débité par la dynamo se trouve réduite à une nouvelle valeur I_2.

Dès qu'on allume des lampes, un courant proportionnel circule dans l'enroulement S, ce qui augmente d'autant le débit de la dynamo. La résistance a permet de régler l'action de S. Enfin,

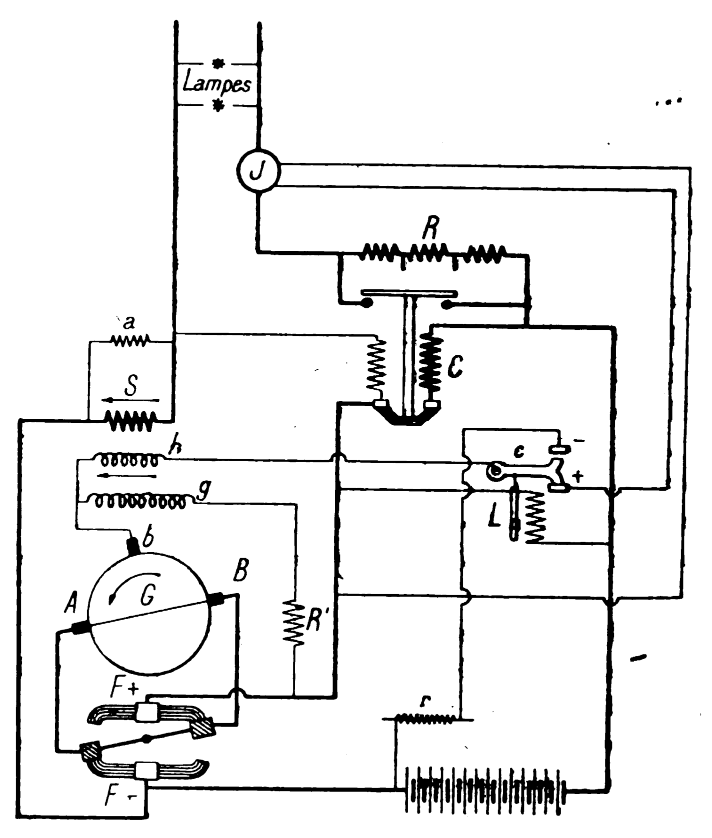


Fig. 22. — Schéma général des connexions du système « Stone-Lilliput ».

pendant l'éclairage, un petit interrupteur solidaire du commutateur général des lampes, J, supprime la connexion additive de l'enroulement *h*, que le limiteur de charge peut cependant brancher en soustractif. »

2° *Inverseur de polarité*. — « L'ensemble des porte-balais est monté sur un collier à roulement à billes, portant deux bras de connexion reliés aux balais principaux A et B. Les extrémités de ces bras viennent établir les contacts sur deux frotteurs + F et — F, lesquels sont reliés aux bornes des accumulateurs. Lorsque la dynamo est entraînée, il se produit immédiatement un déplacement du collier, dans le sens du mouvement, par suite du frottement des balais sur le collecteur. De ce fait, le balai A est tantôt relié au frotteur — F, tantôt au frotteur + F, suivant le sens de rotation. Il en est de même pour B. La polarité aux balais principaux varie donc suivant le sens de rotation, mais le sens du courant dans les inducteurs reste toujours le même, car ils sont branchés entre le balai démagnétisant et un frotteur de polarité constante. Sitôt le déplacement effectué, un électro-aimant, branché en dérivation aux bornes des balais principaux, bloque le collier porte-balais à fin de course. »

3° *Conjoncteur-disjoncteur*. — Cet appareil est du type classique, à enroulements shunt et série, sans dispositif de compensation (voir système Vickers).

4° *Résistance de réglage des lampes*. — Elle compense l'écart de tension aux lampes, entre la charge et la décharge. Le conjoncteur-disjoncteur contrôle, par sa manœuvre, des résistances de compensation R, qui sont progressivement mises en circuit ou hors circuit.

On le voit, cet équipement ne fait intervenir aucun régulateur distinct de la dynamo. Il n'en est pas de même du système Leitner, qui emploie, lui aussi, la dynamo à 3 balais.

Système Leitner.

L'équipement, de fabrication anglaise, est installé sur une trentaine de wagons-poste du P.-L.-M. Il comprend :

1° Une dynamo à 3 balais avec inverseur de polarité; les balais principaux sont montés sur un premier collier, le balai démagnétisant, sur un 2e. Le frottement des balais sur le collecteur assure la rotation des colliers au moment d'un changement de marche.

2° Une batterie d'accumulateurs (12 éléments Planté ou 18 au fer-nickel) de 200 à 240 ampères heure.

3° Un régulateur.

4° Un conjoncteur-disjoncteur.

Marche sans éclairage. — L'équipement permet la charge à courant constant pour des tensions comprises entre 22 et 27 volts. Au-dessus de 27 volts, la charge se fait à tension croissante, courant décroissant, jusqu'à ce que la tension aux bornes de la dynamo atteigne 34 volts. A ce moment, le débit de la dynamo est réduit à un petit nombre d'ampères. Ce résultat s'obtient en intercalant des résistances croissantes dans le circuit d'excitation de la machine.

Marche avec éclairage. — Le régulateur assure, en outre, la constance de la tension aux bornes des lampes, et permet l'éclairage par la batterie seule, ou la marche en parallèle de la dynamo sur la batterie et les lampes.

Régulateur. — Il se compose essentiellement de 3 rhéostats circulaires concentriques, à contacts par plots. L'un d'entre eux est la résistance d'excitation ; un deuxième, le rhéostat de lampes. Le bras de contact commun aux divers rhéostats est commandé automatiquement par un servo-moteur compound à 2 séries d'enroulements inducteurs, correspondant aux deux sens de rotation possibles du bras de contact. Le circuit de chacun des deux inducteurs est commandé par un relais. Le circuit de chacun des relais est lui-même commandé par un voltmètre pilote, en série avec la 3e résistance du rhéostat de réglage. Aux bornes de ce dernier ensemble est appliquée la tension de la dynamo, ou celle des lampes, suivant que l'éclairage est assuré par la dynamo ou par la batterie seule. Le circuit du voltmètre-pilote peut être fermé de deux manières différentes :

1° Pendant la marche sans éclairage, par un interrupteur auxiliaire, solidaire du conjoncteur-disjoncteur.

2° Pendant l'éclairage (batterie seule ou batterie et dynamo en parallèle), par un contact auxiliaire de l'interrupteur des lampes, la tension appliquée étant alors la tension aux bornes des lampes.

Fonctionnement de l'équipement.

a) *Marche sans éclairage.* — Le conjoncteur-disjoncteur (du type classique, à 2 enroulements, shunt et série) une fois enclenché, le circuit du relais de tension commandant les relais du moteur est fermé par l'interrupteur auxiliaire. Le relais de tension attire son armature dès que la tension dépasse 22 volts; par l'intermédiaire du relais du moteur intéressé, le servo-moteur est mis en mouvement dans le sens convenable, et le bras de contact du rhéostat ajoute des résistances dans le circuit du volmètre-pilote. Celui-ci relâche son armature et ne l'attirera à nouveau que si la tension à ses bornes prend une certaine valeur, supérieure à 22 volts. A partir de 27 volts, le bras de contact intercale des résistances dans le circuit d'excitation de la dynamo, en même temps qu'il continue à en ajouter dans le circuit du relais de tension du moteur. Le débit de la machine se trouve ainsi réduit quand la tension croît. Lorsque celle-ci atteint 34 volts aux bornes de la dynamo, une partie de la résistance de réglage du voltmètre est mise en court-circuit (plot *p*). Le bras de contact est amené à bout de course par le moteur et ouvre un interrupteur auxiliaire A_1 qui interrompt le circuit du moteur. Les différents organes restent dans la position qu'ils occupent à ce moment jusqu'à ce que la tension de la dynamo retombe au-dessous de 27 volts. Les mêmes phénomènes se reproduisent alors en sens inverse, l'armature du relais de tension fermant le circuit du 2e relais de moteur.

b) *Éclairage par la batterie seule* (*Arrêts*). — Le conjoncteur-disjoncteur est ouvert. L'interrupteur d'éclairage a fermé, par un 1er contact auxiliaire, le circuit du relais de tension du moeur. Par un 2e contact auxiliaire, il a courtcircuité la résistance de réglage du circuit du relais de tension. Ce dernier est alors réglé pour 22 volts. Le bras de contact du rhéostat tourne (puisque le circuit du moteur est fermé) dans le sens convenable et supprime des résistances dans le circuit des lampes, jusqu'à ce que la tension aux bornes des lampes soit de 22 volts. A mesure que la batterie se décharge, le bras du rhéostat continue à supprimer

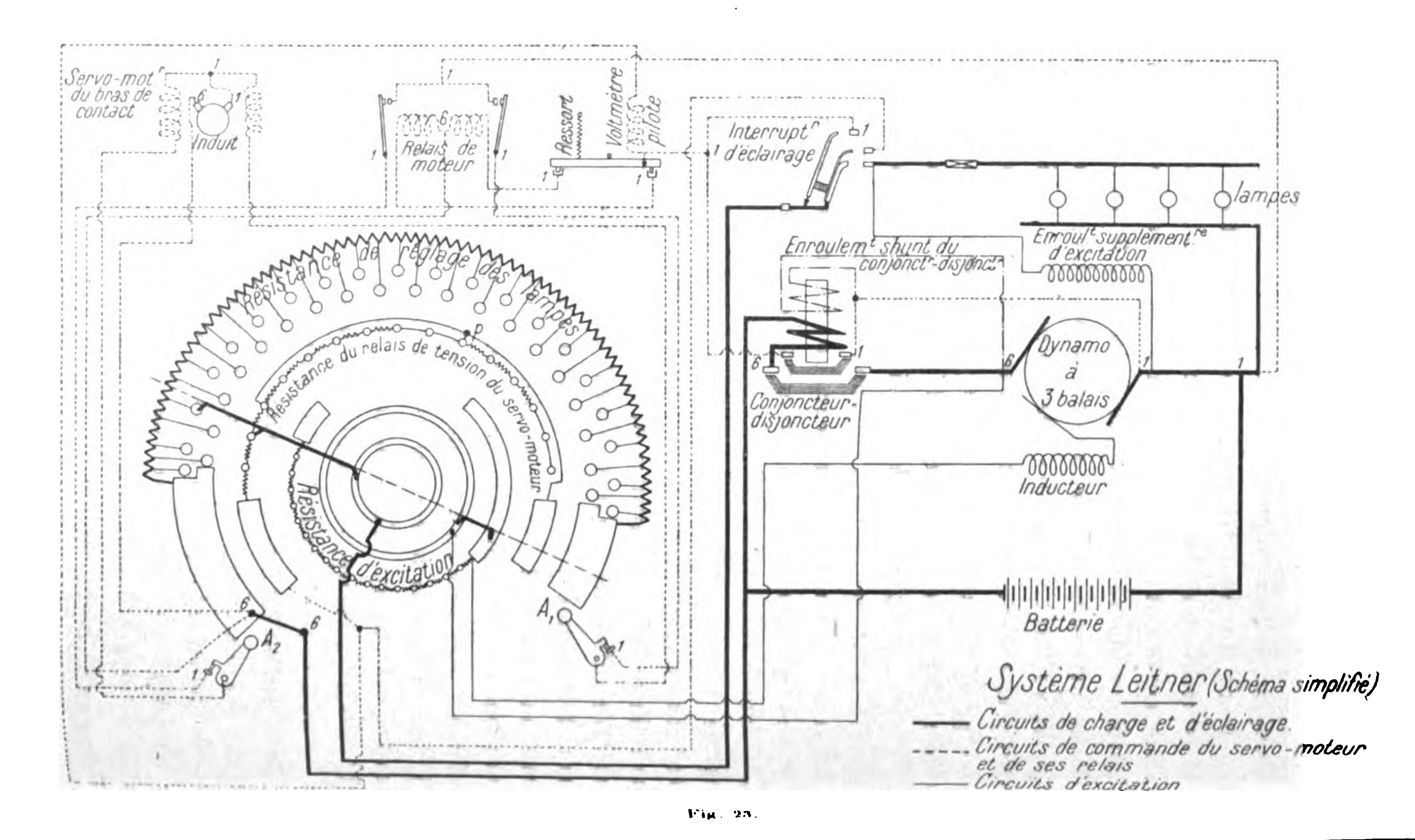

Servo-mot^r du bras de contact
Induit
Relais de moteur
Ressort
Voltmètre pilote
Interrupt^r d'éclairage
lampes
Enroulem^t shunt du conjonct^r-disjonct^r
Enroul^t supplément^re d'excitation
Dynamo à 3 balais
Conjoncteur-disjoncteur
Inducteur
Batterie
Résistance de réglage des lampes
Résistance du relais de tension du servo-moteur
Résistance d'excitation
A_1
A_2
Système Leitner (Schéma simplifié)
Circuits de charge et d'éclairage.
Circuits de commande du servo-moteur et de ses relais
Circuits d'excitation

Fig. 23.

des résistances, de manière à maintenir aux bornes des lampes la tension constante de 22 volts. Lorsque la tension de la batterie atteint cette valeur, le bras de contact, à fond de course, ouvre un interrupteur auxiliaire A_2 qui ouvre le circuit du moteur.

c) *Charge de la batterie en période d'éclairage.* — Le régulateur fonctionne comme dans le cas précédent (*b*), en contrôlant la tension aux bornes des lampes. Mais, puisqu'il n'y a qu'un seul bras de contact établissant les connexions des différents circuits, la résistance du circuit d'excitation varie en même temps (et dans le même sens) que celle du circuit d'éclairage. Le débit de la dynamo est donc augmenté quand la tension de batterie baisse, et inversement. Il s'établit finalement un équilibre.

Remarque. — L'interrupteur d'éclairage n'est pas manœuvré directement. Deux boutons permettent, par l'intermédiaire de deux relais, de l'ouvrir ou de le fermer. Un dispositif mécanique assure l'enclenchement des boutons. Ceci permet la commande à distance (dans le cas d'éclairage collectif, par exemple). Ce dispositif n'a pas été représenté sur le schéma joint à ce texte.

THÉORIE DES FILTRES ÉLECTRIQUES

Par M. Ch. LANGE,

Ingénieur des Postes et Télégraphes.

L'emploi de filtres électriques se répand de plus en plus dans l'étude et l'utilisation des phénomènes de haute ou de basse fréquence. Le Dr Campbell en a indiqué le premier, croyons-nous, la réalisation ; il assemblait à cet effet des groupements de selfs et de capacités d'après le schéma des lignes artificielles ordinaires. Pour étudier leur fonctionnement nous leur appliquerons la méthode générale de calcul de ces lignes dont les filtres sont un cas particulier, en utilisant toutefois les formules remarquables dues au professeur Kennelly.

Dans le chapitre I, nous établissons rapidement ces formules.

Dans le chapitre II, nous considérons les lignes artificielles dont les résistances ohmiques sont nulles ou négligeables et nous les appelons filtres. Nous montrons que pour chaque fréquence une quelconque de ces lignes se ramène à une ligne bien plus simple que nous appelons filtre équivalent au filtre donné à la fréquence considérée. Cette réduction conduit à quatre types de filtres équivalents distincts.

Nous définissons ensuite ce qu'on peut appeler filtrage réel et filtrage théorique et nous montrons que parmi les quatre types de filtres auxquels nous avons été amenés, deux seulement peuvent filtrer, lorsque la fréquence des courants est convenable.

Dans le chapitre III, nous passons en revue les filtres usuels et définissons leur zone de filtrage.

Dans le chapitre IV, nous étudions l'impédance des filtres.

Nous pensons que les considérations qui suivent faciliteront pour certains la résolution des problèmes auxquels l'emploi des filtres conduit, particulièrement l'établissement d'un filtre en vue d'une application bien définie ainsi que sa répercussion sur l'état électrique du ou des réseaux où il sera connecté.

CHAPITRE I.

Rappel des propriétés des lignes artificielles.

1. *Généralités.* — Les lignes artificielles que l'on emploie ordinairement dérivent de deux schémas : le schéma en T (fig. 1) et le schéma en π (fig. 2).

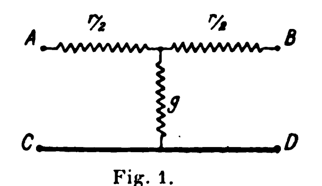


Fig. 1.

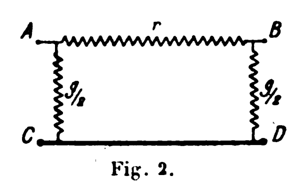


Fig. 2.

On met généralement plusieurs T égaux bout à bout, ou bien plusieurs π égaux, de manière à réaliser les schémas des figures 3 et 4 (où les conducteurs CD sont supposés sans résistance, ni self, ni capacité).

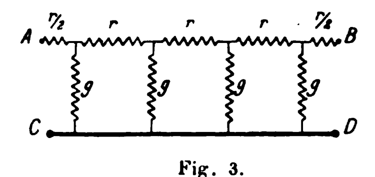


Fig. 3.

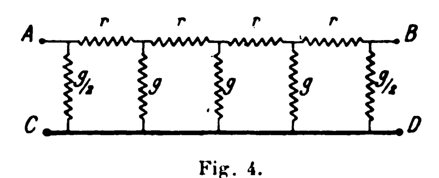


Fig. 4.

Ce sont exclusivement des ensembles tels que ceux des figures 3 et 4 que nous étudierons ici.

A. — Étude des lignes en T.

2. *Impédance caractéristique d'une ligne en T.* — Considérons un T aux bornes d'entrée duquel nous appliquons une force électro-motrice de pulsation ω. Soit $r/2$ la valeur de *l'impédance* de chacun des bras du T et g la valeur de l'*admittance* du montant du T. Nous n'oublierons jamais dans ce qui suivra que r et g sont des fonctions, généralement imaginaires du paramètre ω et qui par conséquent varient avec lui. Nous supposerons jusqu'à nouvel ordre que ω garde une valeur constante.

Fermons les bornes de sortie du T sur une impédance qui, pour la pulsation ω a une valeur Z_0.

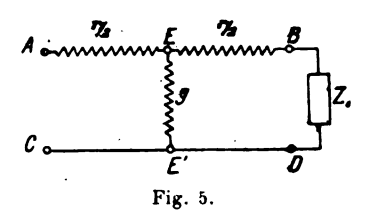


Fig. 5.

L'impédance de cet ensemble, prise entre les bornes A et C est :

$$Z = \frac{r}{2} + \cfrac{1}{g + \cfrac{1}{\frac{r}{2} + Z_0}}$$

Nous pouvons faire en sorte que Z soit précisément égal à Z_0. Ceci aura lieu si nous faisons $Z = Z_0$ dans l'égalité précédente. Il en résultera, en simplifiant :

$$Z_0^2 = \frac{r}{g}\left(1 + \frac{rg}{4}\right)$$

$$(1) \qquad Z_0 = \pm\sqrt{\frac{r}{g}\left(1 + \frac{rg}{4}\right)}$$

Un raisonnement très simple montre que le double signe correspond au fait qu'on a branché en B D soit un récepteur, soit au contraire un générateur. Choisissant la détermination qui correspond à un récepteur (1) nous l'appellerons *impédance caractéristique* du T. C'est elle plus particulièrement que nous désignerons désormais par Z_0.

Si nous avons *n* cellules en T égales à celle de la figure 5, mises bout à bout, la dernière étant fermée sur l'impédance Z_0 (fig. 6), nous voyons facilement que l'impédance de cet ensemble prise entre les bornes A et C est toujours égale à Z_0.

En effet, nous pouvons remplacer l'ensemble formé par Z_0 et le dernier T par une impédance Z_0 branchée aux bornes E et F et

(1) Nous préciserons plus loin le cas d'un récepteur purement inductif.

ainsi de suite, en progressant chaque fois d'une cellule vers l'entrée.

Posons maintenant :

$$\text{(2)} \qquad \mathrm{Sh}^2\, v = \frac{rg}{2}$$

La formule (1) s'écrit :

$$\text{(3)} \qquad Z_0 = \pm\sqrt{\frac{r}{g}}\,\mathrm{Ch}\, v$$

On déduit de ces formules :

$$\frac{r}{2} = \pm Z_0\, \mathrm{th}\, v \qquad g = \pm \frac{\mathrm{Sh}\, 2v}{Z_0}$$

Aucune raison physique ne guide ici notre choix parmi ces doubles signes. Nous conviendrons alors de déterminer les arguments des quantités généralement imaginaires th v et Sh $2v$ au moyen des relations :

$$\text{(4)} \qquad \frac{r}{2} = Z_0\, \mathrm{th}\, v \qquad g = \frac{1}{Z_0}\,\mathrm{Sh}\, 2v$$

qui les définissent sans ambiguïté, puisque Z_0 est connu.

Étude d'une ligne en T composée d'un nombre fini de cellules et dont l'extrémité réceptrice est fermée sur un récepteur d'impédance σ.

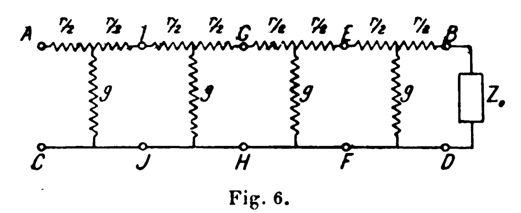


Fig. 6.

3. *Ligne en T à 1 cellule. Impédance à l'émission.* — L'impédance Z_1 aux bornes $A_1\,B_1$ est donnée par la formule :

$$Z_1 = \frac{r}{2} + \cfrac{1}{g + \cfrac{1}{\frac{r}{2} + \sigma}}$$

Portant dans cette expression les formules (4), et posant en outre :

$$\text{(5)} \qquad \sigma = Z_0\, \mathrm{th}\, \theta$$

il vient toutes simplifications faites, la remarquable formule :

$$Z_1 = Z_0 \text{ th } (2v + \theta) \qquad (6)$$

Intensités. — Soit I_0 la valeur efficace du courant dans σ (fig. 5).

i_1 — DE

I_1 — A_1 D.

La différence de potentiel entre D et DE est la même que celle entre D et B_0 (puisque EB_0 n'a pas de résistance). Cette condition s'écrit :

$$\frac{i_1}{g} = I_0 \left(\frac{r}{2} + \sigma\right)$$

On a en outre : $I_1 = i_1 + I_0$

D'où $\frac{I_1}{I_0} = 1 + g\left(\frac{r}{2} + \sigma\right)$

Remplaçant r et g par leurs valeurs tirées des formules (4) :

$$\frac{I_1}{I_0} = \frac{\text{Ch } (2v + \theta)}{\text{Ch } \theta} \qquad (7)$$

Potentiels. — Soit U_1 la différence de potentiel efficace A_1 et B_1

U_0 — A_0 et B_0

On a :

$$\frac{U_1}{U_0} = \frac{Z_1 I_1}{\sigma I_0} = \frac{Z_0 \text{ th } (2v + \theta) \times \text{Ch } (2v + \theta)}{Z_0 \text{ th } \theta \times \text{Ch } \theta}$$

$$\frac{U_0}{U_1} = \frac{\text{Sh } (2v + \theta)}{\text{Sh } \theta} \qquad (8)$$

4. *Ligne en T a plusieurs cellules. Impédance à l'émission.* —

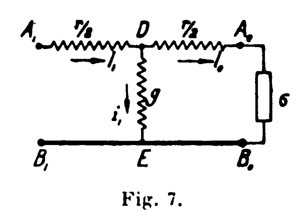


Fig. 7.

L'impédance de $A_0 \sigma B_0$ est (5)

$$\sigma = Z_0 \text{ th } \theta$$

L'impédance de l'ensemble $A_1\ A_0\ \sigma\ B_0\ B_1$ est (6)

$$Z_1 = Z_0 \operatorname{th}(2v + \theta)$$

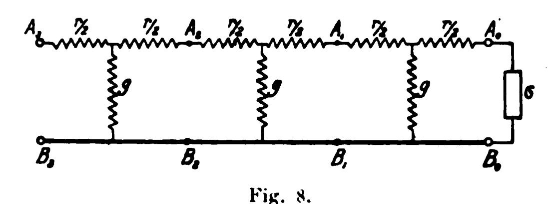


Fig. 8.

Remplaçons cette ensemble par une impédance Z_1 branchée entre A_1 et B_1 et posons $2v + \theta = \theta_1$ ce qui donne :

$$Z_1 = Z_0 \operatorname{th} \theta_1$$

L'impédance de l'ensemble $A_2\ A_1\ Z_1\ B_1\ B_2$ s'obtiendra en remplaçant dans le raisonnement de tout à l'heure σ par Z_1 c'est-à-dire θ par θ_1. Cette impédance sera donc :

$$Z_2 = Z_0 \operatorname{th}(2v + \theta_1)$$
$$= Z_0 \operatorname{th}(4v + \theta).$$

C'est l'impédance de la ligne artificielle à deux cellules en T $A_2\ B_2\ A_0\ B_0$ fermée sur l'impédance σ. Si au lieu de deux cellules nous en prenons n, l'impédance entre les bornes A_n et B_n sera :

$$(9) \qquad Z_n = Z_0 \operatorname{th}(2nv + \theta)$$

Intensités. — Appelons $I_1\ I_2 \ldots\ I_n$ les valeurs efficaces des conrants en $A_1\ A_2 \ldots\ A_n$.

Remplaçons encore l'ensemble $A_1\ A_0\ \sigma\ B_0\ B_1$ par :

$$Z_1 = Z_0 \operatorname{th}(2v + \theta_1)$$

on aura :

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{\operatorname{Ch}(2v + \theta_1)}{\operatorname{Ch}\theta_1} = \frac{\operatorname{Ch}(4v + \theta)}{\operatorname{Ch}(2v + \theta)}$$

mais

$$\frac{I_0}{I_1} = \frac{\operatorname{Ch}(2v + \theta)}{\operatorname{Ch}\theta}$$

d'où :

$$\frac{I_2}{I_0} = \frac{\operatorname{Ch}(4v + \theta}{\operatorname{Ch}\theta}$$

Plus généralement :

$$\frac{I_n}{I_o} = \frac{\text{Ch}\ (2\,n\,v + \theta)}{\text{Ch}\ \theta} \qquad (10)$$

et

$$\frac{I_n}{I_p} = \frac{\text{Ch}\ (2nv + \theta)}{\text{Ch}\ (2pv + \theta)} \qquad (10\ bis)$$

Potentiels. — Soient U_n la différence de potentiel efficace entre A_n et B_n, U_p la différence de potentiel efficace entre A_p et B_p.

On aura :

$$\frac{U_n}{U_p} = \frac{Z_n\,I_n}{Z_p\,I_p} = \frac{Z_o\ \text{th}\ (2\,n\,v + \theta) \times \text{Ch}\ (2\,n\,v + \theta)}{Z_o\ \text{th}\ (2\,p\,v + \theta) \times \text{Ch}\ (2\,p\,v + \theta)}$$

$$\frac{U_n}{U_o} = \frac{\text{Sh}\ (2\,n\,v + \theta)}{\text{Sh}\ \theta} \qquad (11)$$

De même :

$$\frac{U_n}{U_p} = \frac{\text{Sh}\ (2\,nv + \theta)}{\text{Sh}\ (2pv + \theta)} \qquad (11\ bis)$$

Dans tout ce qui précède nous avons fait correspondre au point A_o un angle hyperbolique θ

»	A_1	»	$\theta_1 = 2v + \theta$
»	A_2	»	$\theta_2 = 4v + \theta$
»	A_n	»	$\theta_n = 2\,nv + \theta$

Nous appellerons θ_i *angle de position de la ligne au point* A_i. Nous voyons que l'état électrique de la ligne aux points tels que A_i s'exprime d'une façon extrêmement simple en fonction des constantes secondaires de la ligne Z_o et θ_i c'est-à-dire Z_o, n, v et θ, alors que ces expressions en fonction des constantes primaires r, g, σ, n, serait très compliquée. On doit au professeur Kennelly l'introduction systématique de la notion d'angle de position dans les calculs de propagation le long des lignes artificielles et réelles.

Impédance à la réception d'une ligne en T. — On appelle impédance à la réception d'une ligne quelconque le rapport entre la différence de potentiel appliquée à l'extrémité émettrice de la ligne et le courant reçu à l'extrémité réceptrice. Soit, dans le cas présent (fig. 8) U_n la différence de potentiel appliquée entre

A_n et B_n, I_0 le courant aux bornes de sortie A_0, B_0 à travers σ, Z_{rn} l'impédance à la réception. On a :

$$\frac{U_n}{I_0} = Z_{rn}$$

Multiplions membre à membre les formules (9) et (10) :

$$\frac{U_n}{I_n} = Z_n = Z_0 \text{ th } (2nv + \theta)$$

$$\frac{I_n}{I_0} = \frac{\text{Ch } (2nv + \theta)}{\text{Ch } \theta}$$

il vient :

$$(12) \qquad \frac{U_n}{I_0} = Z_{rn} = Z_0 \frac{\text{Sh } (2nv + \theta)}{\text{Ch } \theta}$$

Si l'impédance σ est nulle (extrémité réceptrice court-circuitée) $\theta = o$, $\text{Ch } \theta = 1$ et :

$$Z_{rn} = Z_0 \text{ Sh } 2nv$$

Notons pour terminer que la formule (12) s'écrit, en développant le numérateur :

$$(13) \qquad Z_{rn} = Z_0 \text{ Sh } 2nv + \sigma \text{ Ch } 2nv.$$

B. Étude des lignes en π.

5. *Impédance caractéristique d'une ligne en π.* — Considérons un π aux bornes d'entrée duquel nous appliquons une force élec-

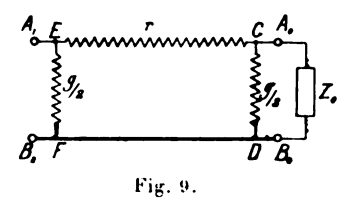


Fig. 9.

tro-motrice de pulsation ω. Soient g, la valeur de l'*admittance* des montants du π, r la valeur de l'*impédance* de la travée. Fermons les bornes de sortie sur une impédance Z_0 (fig. 9).

L'impédance aux bornes $A_1 B_1$, sera :

$$Z_1 = \cfrac{1}{\cfrac{g}{2} + \cfrac{1}{r + \cfrac{1}{\cfrac{g}{2} + \cfrac{1}{Z_0}}}}$$

Faisons en sorte que $Z_1 = Z_0$. Ceci aura lieu lorsque nous aurons remplacé Z_1 par Z_0 dans la relation précédente. Z^0 aura alors pour valeur :

$$Z_0 = \pm \sqrt{\frac{r}{g} \times \frac{1}{1 + \frac{rg}{4}}}$$

c'est l'une de ces déterminations, choisie physiquement comme dans le cas du T que nous appellerons *impédance caractéristique* de la ligne en π. On verrait comme dans le cas du T que c'est l'impédance d'une ligne artificielle formée d'un nombre quelconque de π égaux mis bout à bout, le dernier étant fermé sur une impédance réceptrice justement égal à celle-là.

La formule précédente s'écrit, en posant :

(14) $$\text{Sh}\, v = \pm \frac{\sqrt{rg}}{2}$$

(15) $$Z_0 = \pm \sqrt{\frac{r}{g}} \times \frac{1}{\text{Ch}\, v}$$

De (14) et de (15), nous déduirons :

(16) $$\frac{g}{2} = \frac{1}{Z_0} \cdot \text{th}\, v \qquad r = Z_0\, \text{Sh}\, 2v$$

formules qui nous serviront à déterminer sans ambiguïté, comme dans le cas du T les arguments de th v et de Sh $2v$ que nous utiliserons par la suite.

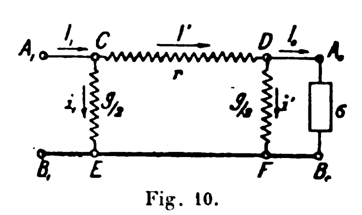


Fig. 10.

Etude d'une ligne en π composée d'un nombre fini de cellules et dont l'extrémité réceptrice est formée sur un récepteur d'impédance σ.

6. *Ligne en π à une cellule. Impédance à l'émission.* — L'impédance entre A_1 et B_1 est :

$$Z_1 = \cfrac{1}{\cfrac{g}{2} + \cfrac{1}{r + \cfrac{1}{\cfrac{g}{2} + \cfrac{1}{\sigma}}}}$$

Remplaçons dans cette formule r et $\frac{g}{2}$ par leur valeur tirée des formules (16), posons en outre :

$$\sigma = Z_0 \text{ th } \theta \tag{17}$$

Il vient toutes simplifications faites :

$$Z_1 = Z_0 \text{ th } (2v + \theta) \tag{18}$$

Intensités. — Soient les intensités efficaces des courants I_0 dans σ, I' dans C D, I_1 dans A_1 C, i' dans D F, i_1 dans CE. On a les relations de Kirchoff.

$$\frac{i'}{\frac{g}{2}} = \sigma I_0 \qquad I' = I_0 + i'$$

D'où:

$$I' = i\left(1 + \sigma \frac{g}{2}\right)$$

Ensuite :

$$\frac{i_1}{\frac{g}{2}} = r I' + \sigma I_0$$

$$\frac{i_1}{I_0} = \frac{g}{2}\left[r\left(1 + \sigma \frac{g}{2}\right) + \sigma\right]$$

et enfin :

$$\frac{I_1}{I_0} = \frac{g}{2}\left[r\left(1 + \sigma \frac{g}{2}\right) + \sigma\right] + 1 + \sigma \frac{g}{2}$$

Remplaçons r, g et σ par leur valeurs (16) et (17). Il vient en définitive :

$$(19) \qquad \frac{I_0}{I_1} = \frac{\operatorname{Ch}(2v+\theta)}{\operatorname{Ch}\theta}$$

Potentiels. De (17) (18) et (19), on tire :

$$(20) \qquad \frac{U_1}{U_0} = \frac{Z_1 I_1}{Z_0 I_0} = \frac{\operatorname{Sh}(2v+\theta)}{\operatorname{Sh}\theta}$$

7. *Ligne en π de n cellules fermée sur une impédance σ.*

En raisonnant comme on l'a déjà fait, on trouverait pour Z_n, $\frac{I_n}{I_0}$, $\frac{I_n}{I_p}$, $\frac{U_n}{U_0}$, $\frac{U_n}{U_p}$, Z_m *les mêmes formules que pour les lignes en T.*

Remarquons que les points pour lesquels ces formules sont vraies sont les points de jonction des différents π entre eux, points tels que A_0, A_1, ... A_n (fig. 11).

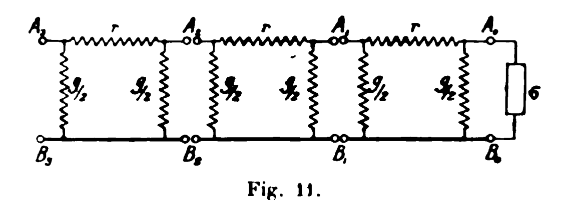


Fig. 11.

En fait les lignes en π sont constituées comme l'indique la figure 12 où les montants des différents π sont confondus et remplacés par leur somme.

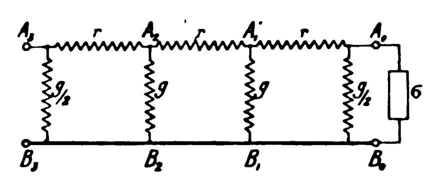


Fig. 12.

Il n'est pas possible dans le cas de cette dernière figure de vérifier la formule relative aux intensités, en insérant des ampèremètres aux endroits convenables, alors que la chose est possible dans le cas de la figure 11.

8. *Résumé.* — Étant donné une ligne artificielle à n cellules en T fermée sur une impédance σ, nous avons posé :

$$(4) \qquad \mathrm{Sh}\, v = \frac{\sqrt{rg}}{2}, \; Z_0 = \sqrt{\frac{r}{g}} \cdot \mathrm{Ch}\, v, \qquad \sigma = Z_0 \, \mathrm{th}\, \theta$$

ce qui nous a conduit à effectuer dans les expressions de l'impédance à l'émission Z_n, le rapport des intensités et des potentiels à l'entrée et à la sortie $\frac{I_n}{I_0}$ et $\frac{U_n}{U_0}$ le changement de variables :

$$(4) \qquad \frac{r}{2} = Z_0 \, \mathrm{th}\, v \qquad g = \frac{1}{Z_0} \mathrm{Sh}\, 2v$$

Il en est résulté les formules fondamentales :

$$(A) \qquad Z_n = Z_0 \, \mathrm{th}\, (2nv + \theta)$$

$$(B) \qquad \frac{I_n}{I_0} = \frac{\mathrm{Sh}\,(2nv + \theta)}{\mathrm{Sh}\, \theta}$$

$$(C) \qquad \frac{U_n}{U_0} = \frac{\mathrm{Ch}\,(2nv + \theta)}{\mathrm{Ch}\, \theta}$$

Dans le cas d'une ligne artificielle à n cellules en π fermée sur une impédance σ, nous avons posé :

$$\mathrm{Sh}\, v = \frac{\sqrt{rg}}{2} \qquad Z_0 = \sqrt{\frac{r}{g}} \times \frac{1}{\mathrm{Ch}\, v} \qquad \sigma = Z_0 \, \mathrm{th}\, \theta$$

d'où le changement des variables :

$$(16) \qquad \frac{g}{2} = \frac{1}{Z_0} \mathrm{th}\, v \qquad r = Z_0 \, \mathrm{Sh}\, 2v$$

On obtient encore les mêmes formules (A) (B) et (C), mais ici, l'expression de Z_0 n'est pas la même que dans les lignes en T.

Dans les deux cas nous avons défini sans ambiguité l'*impédance caractéristique* Z_0. La détermination de v en résulte au moyen des formules (4) ou (16).

Nous avons appelé angle de position de l'entrée A_n de la n^{me} cellule, l'expression :

$$\theta_n = 2nv + \theta.$$

Remplaçons r, g et σ par leur valeurs (16) et (17). Il vient en définitive :

$$(19) \qquad \frac{I_0}{I_1} = \frac{\text{Ch } (2v + \theta)}{\text{Ch } \theta}$$

Potentiels. De (17) (18) et (19), on tire :

$$(20) \qquad \frac{U_1}{U_0} = \frac{Z_1 \ I_1}{Z_0 \ I_0} = \frac{\text{Sh } (2v + \theta)}{\text{Sh } \theta}$$

7. *Ligne en π de n cellules fermée sur une impédance σ.*

En raisonnant comme on l'a déjà fait, on trouverait pour Z_n, $\frac{I_n}{I_0}$, $\frac{I_n}{I_p}$, $\frac{U_n}{U_0}$, $\frac{U_n}{U_p}$, Z_m *les mêmes formules que pour les lignes en T.*

Remarquons que les points pour lesquels ces formules sont vraies sont les points de jonction des différents π entre eux, points tels que A_0, A_1, ... A_n (fig. 11).

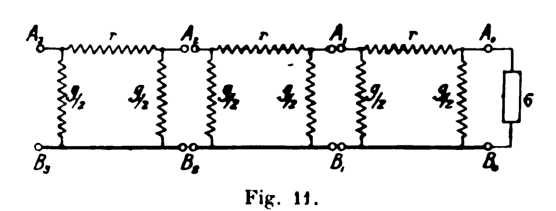


Fig. 11.

En fait les lignes en π sont constituées comme l'indique la figure 12 où les montants des différents π sont confondus et remplacés par leur somme.

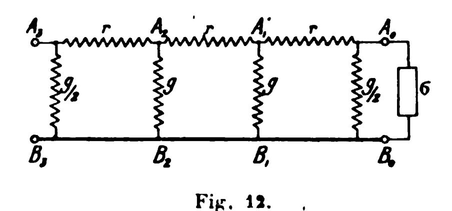


Fig. 12.

Il n'est pas possible dans le cas de cette dernière figure de vérifier la formule relative aux intensités, en insérant des ampèremètres aux endroits convenables, alors que la chose est possible dans le cas de la figure 11.

8. *Résumé.* — Étant donné une ligne artificielle à n cellules en T fermée sur une impédance σ, nous avons posé :

$$(4) \qquad \mathrm{Sh}\, v = \frac{\sqrt{r g}}{2}, \; Z_0 = \sqrt{\frac{r}{g}} \,.\, \mathrm{Ch}\, v, \qquad \sigma = Z_0 \,\mathrm{th}\, \theta$$

ce qui nous a conduit à effectuer dans les expressions de l'impédance à l'émission Z_n, le rapport des intensités et des potentiels à l'entrée et à la sortie $\frac{I_n}{I_0}$ et $\frac{U_n}{U_0}$ le changement de variables :

$$(4) \qquad \frac{r}{2} = Z_0 \,\mathrm{th}\, v \qquad g = \frac{1}{Z_0} \mathrm{Sh}\, 2\, v$$

Il en est résulté les formules fondamentales :

$$(A) \qquad Z_n = Z_0 \,\mathrm{th}\, (2\, n\, v + \theta)$$

$$(B) \qquad \frac{I_n}{I_0} = \frac{\mathrm{Sh}\, (2\, n\, v + \theta)}{\mathrm{Sh}\, \theta}$$

$$(C) \qquad \frac{U_n}{U_0} = \frac{\mathrm{Ch}\, (2\, n\, v + \theta)}{\mathrm{Ch}\, \theta}$$

Dans le cas d'une ligne artificielle à n cellules en π fermée sur une impédance σ, nous avons posé :

$$\mathrm{Sh}\, v = \frac{\sqrt{r g}}{2} \qquad Z_0 = \sqrt{\frac{r}{g}} \times \frac{1}{\mathrm{Ch}\, v} \qquad \sigma = Z_0 \,\mathrm{th}\, \theta$$

d'où le changement des variables :

$$(16) \qquad \frac{g}{2} = \frac{1}{Z_0} \,\mathrm{th}\, v \qquad r = Z_0 \,\mathrm{Sh}\, 2\, v$$

On obtient encore les mêmes formules (A) (B) et (C), mais ici, l'expression de Z_0 n'est pas la même que dans les lignes en T.

Dans les deux cas nous avons défini sans ambiguité l'*impédance caractéristique* Z_0. La détermination de v en résulte au moyen des formules (4) ou (16).

Nous avons appelé angle de position de l'entrée A_n de la n^{me} cellule, l'expression :

$$\theta_n = 2\, n\, v + \theta.$$

L'aspect des formules fondamentales montre l'importance de cette quantité qui, attachée à l'entrée de chaque cellule, sert à définir l'état électrique de la ligne en ce point.

L'angle de position de A_0 est :

$$\theta_0 = \theta.$$

Donc, connecter une impédance σ à l'extrémité réceptrice d'une ligne artificielle revient à donner une valeur bien déterminée à l'angle de position de cette extrémité. Notons en particulier que pour $\sigma = o$, $\theta_0 = o$ et que pour $\sigma = \infty$ (extrémité réceptrice ouverte) $\theta_0 = \pm j \frac{\pi}{2}$.

9. *Remarque importante.* — *Lignes en H et en O.* — On est fréquemment conduit par raison de symétrie à réaliser non pas des lignes en T et en π, mais des lignes en H et en O dont les cellules sont constituées comme l'indiquent les figures 13 et 14 :

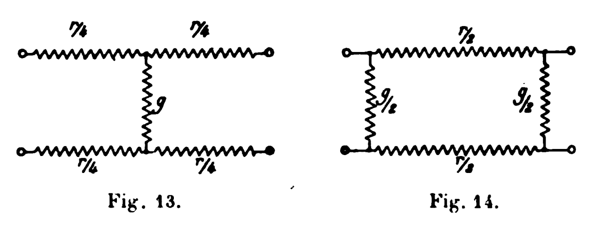


Fig. 13. Fig. 14.

On vérifie aisément qu'une ligne artificielle formée de n cellules en H ou en O telles que celles des figures 13 et 14 se comporte comme une ligne à n cellules en T ou π représentées par les figures 1 et 2. Cela résulte, comme le fait remarquer le professeur Kennelly, de l'identité électrique des schémas des figures 15 et 16 par exemple,

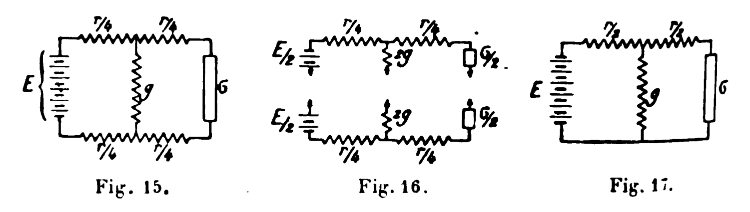


Fig. 15. Fig. 16. Fig. 17.

ce dernier se déduisant du précédent en mettant à la terre les

points équipotentiels. On a pour chacune des lignes en T de la figure 16 :

$$\text{Sh } v' = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{r}{2} \cdot 2g}$$

$$Z'_0 = \sqrt{\frac{\frac{r}{2}}{2g}} \text{ Ch } v'$$

$$\frac{\sigma}{2} = Z'_0 \text{ th } \theta'$$

et pour la figure 17 :

$$\text{Sh } v = \frac{1}{2}\sqrt{rg}$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{r}{g}} \text{ Ch } v$$

$$\sigma = Z_0 \text{ th } \theta.$$

On voit, par conséquent, que $v' = v$, $\theta' = \theta$, $Z'_0 = \frac{1}{2} Z_0$. L'angle de position est donc le même dans les T de la figure 16 et dans celui de la figure 17. Comme $Z'_0 = \frac{1}{2} Z_0$, mais comme en même temps c'est la différence de potentiel $\frac{E}{2}$ qui est appliqué aux T de la figure 16, le régime des courants va être identique dans les schémas des figures 16 et 17. Quant aux impédances, elles seront dans un des T de la figure 16 deux fois plus petites que dans celui de la figure 17. On en conclut que les impédances seront les mêmes dans cette dernière figure et la figure 15. En résumé, les figures 15 et 17 sont électriquement équivalentes. On passe de l'une à l'autre en ne modifiant pas g, mais en répartissant également entre les 4 bras de l'H l'impédance totale r des bras du T. Conclusions analogues pour le passage du π à l'O.

Remarquons pour terminer que ce sont généralement des lignes en H et en O que l'on construit par raison de symétrie.

CHAPITRE II

Théorie du filtrage.

10. *Généralités.* — Wagner, Campbell... ont breveté des filtres électriques qui ne sont autres que des lignes artificielles de l'espèce qu'on vient d'étudier, et dans lesquelles r et g sont formés chacun d'un ensemble plus ou moins compliqué de selfs et de capacités. Nous avons jusqu'ici laissé fixe la pulsation ω du courant. Nous allons désormais faire varier ω. Les expressions de r, g, σ varieront et, par conséquent les valeurs de Z_n, $\frac{I_n}{I_0}$, $\frac{U_n}{U_0}$ trouvées au précédent chapitre. Autrement dit, certaines fréquences seront mieux transmises que d'autres à travers la ligne artificielle. Celle-ci aura donc une action sélective ou filtrante qui dans certains cas pourra être comme nous le verrons, extrêmement prononcée. Nous aurons constitué un *filtre électrique.*

Dans les ensembles constituant r et g, nous nous appliquerons à rendre les résistances ohmiques petites. Nous pourrons ainsi les négliger dans certains cas devant les réactances, en particulier dans le cas de la haute fréquence, où ω est très grand. *Dans tout ce chapitre, nous supposerons les résistances ohmiques nulles.* Nous pourrons donc écrire :

$$r = j\,R \qquad\qquad g = j\,G$$

R et G étant des quantités réelles positives ou négatives, fonctions de ω et j étant tel que $j^2 = 1$.

Pour chaque valeur de ω, r a un effet self ou un effet capacité et g pareillement. De sorte que la cellule d'un filtre *quelconque*, pour chaque valeur de ω, se ramènera *toujours* à l'un des 4 types suivants :

1) r a un effet self, g a un effet self,

2) r a un effet self, g a un effet de capacité,

3) r a un effet de capacité, g a un effet self,

4) r a un effet de capacité, g a un effet de capacité.

(accidentellement r et g peuvent être des selfs ou des capacités nulles ou infinies).

Donc, étant donné un filtre quelconque, nous pourrons lui substituer, pour chaque valeur de ω un filtre électriquement équivalent composé soit de selfs, soit de capacités, soit de selfs et de capacités. La considération du filtre équivalent nous fournira toujours comme nous le verrons plus loin, une méthode générale d'étude d'un filtre quelconque à une fréquence déterminée. Notons que :

Si r a un effet self, R est $> o$,
» r » capacité, R est $< o$,
» g » self, G est $< o$,
» g » capacité, G est $> o$.

11. *Théorie générale du filtrage.* — Pour des lignes artificielles en T ou en π formées d'impédances $r = j$ R et d'admitances $g = j$ G on a :

$$\text{Sh}^2 v = \frac{rg}{4} = \frac{-\text{RG}}{4}$$

Deux cas peuvent alors se présenter :

ou RG $> o$, alors :

(21) $$\text{Sh}^2 v = -\text{A}^2 \text{ (A réel)}$$

ou RG $< o$, alors :

(22) $$\text{Sh}^2 v = \text{B}^2 \text{ (B réel)}$$

Discutons ces 2 cas.

1° RG $> o$. Ceci se produit si r a un effet self g ayant un effet capacité, ou, inversement, si r a un effet capacité, g ayant un effet self (cas 2[e] et 3[e] du paragraphe précédent).

a) Si $o < |\text{A}|$ (1) < 1, posons $v = j u$, avec u réel, la formule (21) s'écrit :

$$\sin^2 u = \text{A}^2$$

$$u = \pm \text{arc sin } |\text{A}|$$

(1) Nous désignons le module d'une quantité imaginaire par cette quantité comprise entre 2 traits verticaux.

b) Si $|A| > 1$, posons $v = u + j\frac{\pi}{2}$, avec u réel. Alors (21) s'écrit :

$$\mathrm{Ch}^2\, u = A^2$$
$$u = \pm \operatorname{arc\,Ch} |A|$$

2° $RG < o$. Céci se produit si r et g ont ensemble, soit un effet self, soit un effet capacité (cas 1° et 4° du paragraphe précédent). Dans ce cas la formule (22) donne pour v une valeur réelle.

Ceci posé, imaginons un filtre formé de n cellules. Supposons son extrémité réceptrice fermée sur un récepteur d'impédance σ. Si Z_0 est l'impédance caractéristique du filtre, l'extrémité réceptrice aura par suite de la présence de σ un angle de position θ (réel ou complexe) tel que $\mathrm{th}\,\theta = \frac{\sigma}{Z_0}$.

Que faut-il pour que ce filtre transmette à ses bornes de sortie des courants ou des tensions de pulsation ω appliqués à ses bornes d'entrée ? Il faut et il suffit que si nous appliquons aux bornes d'entrée une tension finie U_n de pulsation ω, la tension U_0 aux bornes de sortie, c'est-à-dire aux bornes de σ ne soit jamais nulle. Nous supposerons dans ce qui va suivre que le module de σ ne devient jamais nul ou infini quand ω varie.

On a :
$$\frac{U_n}{U_0} = \frac{\mathrm{Sh}\,(2\,nv + \theta)}{\mathrm{Sh}\,\theta}$$
ou :
$$\frac{U_n}{U_0} = \mathrm{Sh}\,2nv\,\mathrm{coth}\,\theta + \mathrm{ch}\,2\,nv. \tag{23}$$

U_n et σ étant donnés, nous dirons que, pour toutes les valeurs de ω qui ne rendront pas très grande la quantité $\left|\frac{U_n}{U_0}\right|$, le filtre filtrera. Nous fixant a priori la valeur M de cette quantité l'ensemble des valeurs de ω qui vérifie la relation (23) en résultera. Cet ensemble formera ce que nous applerons la zone de filtrage du filtre considéré, dans les conditions où nous nous sommes placés. Cela est vrai quel que soit n et quelle que soit la valeur que nous nous assignée à l'avance pour $\left|\frac{U_n}{U_0}\right|$.

Ceci étant, l'expérience montre que la zone de filtrage d'un filtre réel, où les résistances et les perditances ohmiques sont faibles et pour lequel n n'est pas trop petit ($n > 5$ ou 6) diffère peu pour les besoins de la pratique — téléphonie multiplex par exemple — de la zone de filtrage qu'on obtiendrait si l'on faisait croître indéfiniment $\left|\frac{U_n}{U_0}\right|$ et n. Nous appellerons cette dernière zone : zone de filtrage théorique du filtre considéré. Déterminons-la dans les 3 cas que nous avons considérés au début du présent paragraphe.

1° $RG > o$, $\qquad o < |\mathrm{Sh}\, v| < 1$

alors $v = ju$. L'expression (23) s'écrit :

$$\frac{U_n}{U_0} = j \sin 2\, nu \coth \theta + \cos 2\, nu.$$

Mais $\coth \theta = \frac{Z_0}{\sigma}$, quantité généralement complexe qu'on peut mettre sous la forme $a + bj$ où a et b sont réels. Par conséquent :

$$\begin{aligned}\frac{U_n}{U_0} &= j\,(a + bj) \sin 2\, nu + \cos 2\, nu \\ &= (\cos 2\, nu - b \sin 2\, nu) + ja \sin 2\, nu.\end{aligned}$$

Le module de cette expression est :

$$\left|\frac{U_n}{U_0}\right| = \sqrt{(\cos 2nu - b \sin 2nu)^2 + a^2 \sin^2 2nu}$$

Faisons varier ω ; u, a et b varieront mais $\frac{U_n}{U_0}$ ne deviendra infini que pour les valeurs de ω rendant $a \sin 2nu$ ou $b \sin 2nu$, c'est-à-dire en définitive $|Z_0 \sin 2nu|$ infini, puisque nous avons supposé que quel que soit ω $|\sigma|$ restait fini et non nul. Et ceci est vrai quel que soit n, même si n croît indéfiniment.

On peut donc dire qu'étant donné un filtre de n cellules (n quelconque), la zône des fréquences telle que $RG > o$, $o < |\mathrm{Sh}\, v| < 1$ fait partie de la zone de filtrage théorique. Il n'y aura d'exception que pour les fréquences de cette zone, si elles existent, rendant infinie l'expression $|Z_0 \sin 2nu|$. Une condi-

tion nécessaire, mais non suffisante est que $|Z_0|$ soit lui-même infini. A noter que $Z_0 \sin 2nu$ est l'impédance à la réception du filtre court-circuité à son extrémité réceptrice.

2° $RG > o, \qquad 1 < |\mathrm{Sh}\ v|$

Alors $\qquad v = u + j\frac{\pi}{2}$, u réel

L'expression (23) s'écrit :

$$\frac{U_n}{U_0} = \mathrm{Sh}\ 2n\left(u + j\frac{\pi}{2}\right)\coth\theta + \mathrm{Ch}\ 2n\left(u + j\frac{\pi}{2}\right)$$

$$= (-1)^n(\mathrm{Sh}\ 2nu\coth\theta + \mathrm{Ch}\ 2nu)$$

Puisque $\coth\theta = a + bj$

$$\left|\frac{U_n}{U_0}\right| = \sqrt{(a\ \mathrm{Sh}\ 2nu + \mathrm{Ch}\ 2nu)^2 + b^2\ \mathrm{Sh}^2\ 2nu}$$

Donnons-nous ω, c'est-à-dire u, a, b. Nous voyons qu'en prenant un nombre de cellules n suffisamment grand $\left|\frac{U_n}{U_0}\right|$ peut être rendu aussi grand qu'on le veut. Nous dirons dans ce cas que la fréquence ω n'est pas comprise dans la zone de filtrage théorique.

3° $RG < o$.

Donnons-nous encore ω. Dans la formule (23) $\mathrm{Sh}\ 2nv$ et $\mathrm{Ch}\ 2nv$ sont réels. L'expression :

$$\left|\frac{U_n}{U_0}\right| = \sqrt{(a\ \mathrm{Sh}\ 2nv + \mathrm{Ch}\ 2nv)^2 + b^2\ \mathrm{Sh}^2\ 2nv}$$

croît infiniment avec n. Dans ce cas encore, nous dirons que la fréquence ω n'est pas comprise dans la zone de filtrage théorique.

Nous conclurons de l'examen que nous venons de faire des 3 cas possibles que la zone de filtrage théorique d'un filtre est formée par toutes les fréquences vérifiant les inégalités $RG > o$, $o < |\mathrm{Sh}\ v| < 1$ à l'exception peut-être de certaines fréquences singulières rendant infini le module de l'impédance caractéristique.

12) *Résumé.* — Nous avons d'abord introduit dans ce chapitre la notion de filtre électriquement équivalent à un filtre quel-

conque pour une fréquence donnée. Nous avons montré que ce filtre équivalent appartenait à l'un des 4 types :

1) r est une self, g est une self,
2) r » self, g » capacité,
3) r » capacité, g » self,
4) r » capacité, g » capacité.

Ayant posé $r = j\mathrm{R}$ et $g = j\mathrm{G}$ et ayant défini la zone de filtrage théorique, nous avons montré que cette zone correspondait aux conditions $\mathrm{RG} > o$, $o < |\mathrm{Sh}\, v| < 1$. La première de ces conditions montre qu'un filtre ne peut filtrer qui si on peut le ramener à l'un des types 2° ou 3° ci-dessus. Si l'on choisit le nombre de cellules n suffisamment grand, les filtres de types 1° et 4° ne filtrent jamais.

CHAPITRE III

Étude du filtrage des filtres usuels.

13. Il résulte du chapitre précédent que les seuls filtres susceptibles de filtrer pour la pulsation ω sont ceux dont le filtre équivalent à la fréquence correspondante est tel que r soit une capacité, g étant une self, ou bien tel que r soit une self, g étant une capacité. La valeur de ces selfs et capacités dépend en général de ω. Le cas le plus simple est celui où elle n'en dépend pas. On obtient ainsi deux types de filtres qui sont à la base de la théorie du filtrage et que nous allons tout d'abord étudier: les filtres passehaut et les filtres passebas (1).

14. *Filtres passehaut.* — Nous appellerons ainsi des filtres qui ont la propriété de transmettre à leur extrémité réceptrice les tensions ou courants appliqués à l'autre extrémité, pourvu que ces courants ou tensions aient une fréquence *supérieure* à une fréquence donnée.

Ces filtres sont constitués par des T ou des π mis bout à bout et répondant aux schémas des figures 18 et 19 :

(1) Les Américains disent high-pass filter et low-pass filter. La terminologie allemande est moins heureuse : Kondensator-leitung et Spulenleitung.



Ils se présenteront donc sous l'aspect des fig. 20 et 21.

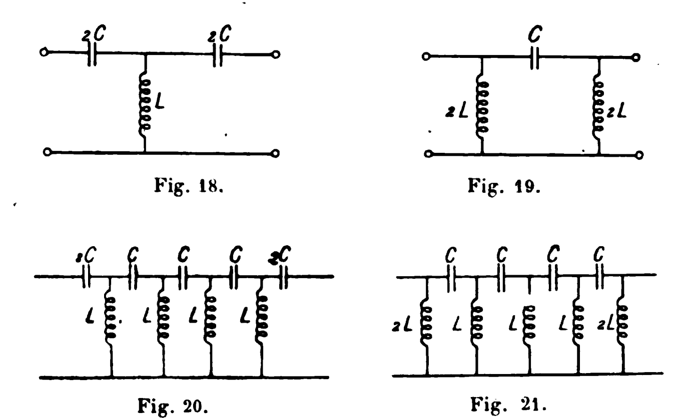


Fig. 18.

Fig. 19.

Fig. 20.

Fig. 21.

On a ici :

$$r = -\frac{j}{C\omega} \qquad g = \frac{1}{jL\omega}$$

$$\mathrm{Sh}\ v = \frac{1}{2}\sqrt{-\frac{1}{LC\omega^2}}$$

Si nous posons : $\omega_0 = \dfrac{1}{2\sqrt{LC}} = \dfrac{1}{\sqrt{4LC}}$

nous pourrons écrire :

$$\mathrm{Sh}\ v = \pm j\frac{\omega_0}{\omega}$$

(Remarquons que ω_0 est la pulsation propre de la cellule de la figure 19).

Zone de filtrage. — D'après ce qu'on a vu au chapitre précédent, il y aura filtrage tant que $\frac{\omega_0}{\omega} < 1$, c'est-à-dire $\omega > \omega_0$. On se trouve en effet dans le cas où;

$$RG < o \qquad |\mathrm{Sh}\ v| < 1.$$

Pour $\frac{\omega_0}{\omega} > 1$ on se trouve dans le cas où $RG > o$, $|\mathrm{Sh}\ v| > 1$ il n'y a pas de filtrage, c'est-à-dire qu'on peut choisir le nombre de cellules n assez grand pour que courants ou tensions à l'extrémité réceptrice aient une valeur aussi petite qu'on veut.

Remarque. — Nous voyons que la frontière ω_0 étant donnée, il existe une infinité de manières de réaliser un filtre passehaut. Il suffit en effet qu'on prenne L et C de manière que :

$$\frac{1}{2\sqrt{LC}} = \omega_0.$$

15. *Filtres passebas*. — Nous appellerons ainsi des filtres qui ont la propriété de transmettre à leur extrémité réceptrice les tensions ou courants appliqués à l'autre extrémité, pourvu que ces courants ou tensions aient une fréquence *inférieure* à une fréquence donnée.

Ces filtres sont constitués par des T ou des π mis bout à bout et répondant aux schémas des figures 22 et 23.

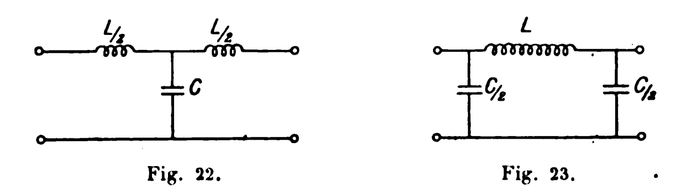


Fig. 22. Fig. 23.

Ils se présenteront donc sous l'aspect des fig. 24 et 25.

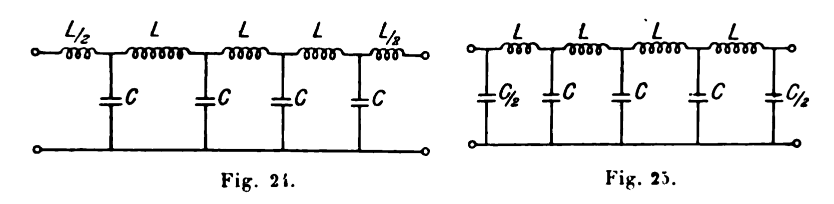


Fig. 24. Fig. 25.

On a :

$$r = j\,L\,\omega \qquad g = j\,C\,\omega$$

$$\text{Sh}\ v = \pm \frac{1}{2}\sqrt{-\,LC\omega^2}$$

Posons :

$$\omega_0 = \frac{2}{\sqrt{LC}} = \sqrt{L.\frac{C}{4}}$$

nous aurons :

$$\text{Sh}\ v = \pm\, j\,\frac{\omega}{\omega_0}$$

ω_0 représente la pulsation propre de la cellule de la figure 23.

Zone de filtrage. — D'après le chapitre II, il y aura filtrage tant que $\frac{\omega}{\omega^o}$ sera plus petit que 1, c'est-à-dire tant que ω sera inférieur à ω_0. On se trouve en effet dans le cas où :

$$R\,G > o, \qquad |\mathrm{Sh}\ v| < 1$$

Pour $\frac{\omega}{\omega_0} > 1$, on se trouve dans le cas où $R\,G < o$, $|\mathrm{Sh}\ v| > 1$: il n'y a pas filtrage.

Remarque. — Tous les filtres passebas ayant même frontière ω_0 sont tels que :

$$\frac{2}{\sqrt{LC}} = \omega_0$$

16. *Filtres de bandes.* — Nous appellerons ainsi des filtres qui ont la propriété de transmettre à leur extrémité réceptrice les tensions ou courants appliqués à l'autre extrémité, pourvu que ces courants ou tensions aient une fréquence comprise entre deux fréquences données. Il existe plusieurs schémas permettant d'atteindre ce résultat. Nous allons en passer quelques-uns en revue.

Le premier schéma que nous considérerons est formé par des T ou des π mis bout à bout constitués comme l'indiquent les figures 26 et 27 (Campbell).

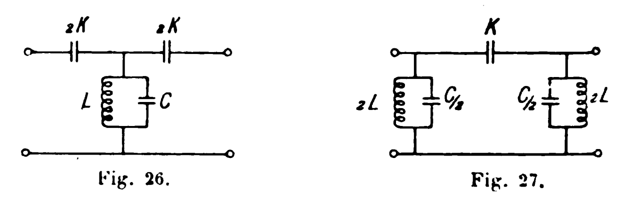


Fig. 26. Fig. 27.

Les filtres complets se présentent donc sous l'aspect des figures 28 et 29.

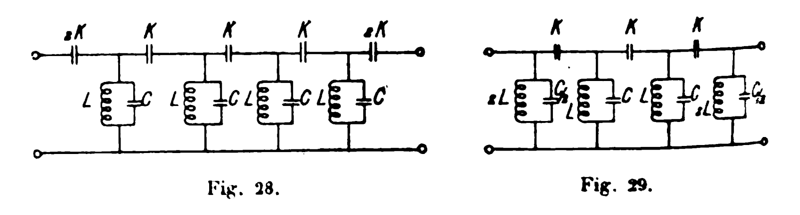


Fig. 28. Fig. 29.

Nous avons ici :

$$r = \frac{-j}{K\omega} \qquad g = \frac{1}{jL\omega} + jC\omega = j\left(C\omega - \frac{1}{L\omega}\right)$$

$$\text{Sh } v = \pm \sqrt{\frac{-j}{K\omega} \times j\left(C\omega - \frac{1}{L\omega}\right)}$$

$$= \pm \frac{1}{2}\sqrt{\frac{C}{K} - \frac{1}{KL\omega^2}}$$

D'après la théorie générale exposée au chapitre II, il y aura filtrage si on a à la fois $RG > o$ et $|\text{Sh } v| < 1$. Ces conditions deviennent ici :

$$-\frac{1}{K\omega}\left(C\omega - \frac{1}{L\omega}\right) > o$$

et

$$\left|\frac{1}{4}\left(\frac{C}{K} - \frac{1}{KL\omega^2}\right)\right| < 1$$

relations qui s'écrivent :

$$-4 < \frac{C}{K} - \frac{1}{KL\omega^2} < o$$

ou, en résolvant par rapport à ω :

$$\frac{1}{\sqrt{(C+4K)L}} < \omega < \frac{1}{\sqrt{C.L}}$$

Posons :

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{(C+4K)L}} \quad , \quad \omega_2 = \frac{1}{\sqrt{CL}}$$

nous voyons que le filtre se laissera traverser par toute la bande **de pulsations** comprises entre ω_1 et ω_2. Nous avons créé un *filtre de bandes.*

Un autre schéma de filtres de bandes dérive des figures 30 et 31 :

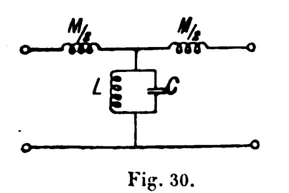


Fig. 30.

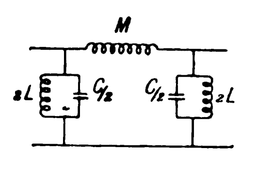


Fig. 31.

La zone de filtrage se calculerait comme précédemment. Un troisième schéma dérive des figures 32 et 33 (Wagner).

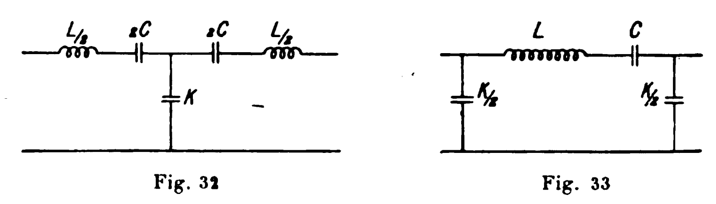


Fig. 32 Fig. 33

On pourrait imaginer d'autres filtres de bandes plus compliqués. La considération du filtre équivalent nous montre qu'ils doivent se comporter lorsqu'ils filtrent comme des passehaut ou des passebas à l'intérieur de leur zone de filtrage. Ceci est vrai d'ailleurs pour un filtre absolument quelconque.

17. Retrouvons, à titre d'exemple, par la considération du passehaut équivalent la zone de filtrage des filtres dérivant des figures 26 et 27.

Soit $\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{CL}}$ la période propre d'un des bouchons des cellules 26 ou 27. Nous savons qu'un bouchon formé d'une self et d'une capacité se comporte pour un courant de pulsation ω comme une self de valeur :

$$\lambda = \frac{L}{1 - CL\,\omega^2}$$

c est-à-dire comme une self véritable si $1 - CL\,\omega^2 > o$ (ou $\omega < \omega_2$) et comme une capacité si $1 - CL\,\omega^2 < o$ (ou $\omega > \omega_2$). Considérons le cas où $\omega < \omega_2$.

Les cellules du filtre peuvent alors se représenter par les figures 34 et 35.

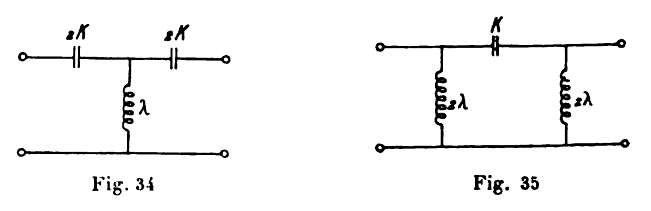


Fig. 34 Fig. 35

D'après ce que nous savons des filtres passehaut, il y aura fil-

trage pour les pulsations ω plus grandes que la pulsation propre des cellules ci-dessus, c'est-à-dire pour :

$$\omega > \frac{1}{\sqrt{4\lambda . K}}$$

Mais ici λ varie avec ω. Remplaçons-le par sa valeur ; il y aura filtrage pour :

$$\omega > \frac{1}{\sqrt{4 \frac{1}{1 - CL\omega^2} \cdot K}}$$

ou, en simplifiant :

$$\omega > \frac{1}{\sqrt{L(C + 4K)}} = \omega_1$$

Si nous faisons grandir ω à partir de cette valeur ω_1, il arrivera un moment où il atteindra la pulsation propre ω_2 des bouchons. Dans l'intervalle compris entre ω_1 et ω_2, il y aura filtrage. Pour $\omega > \omega_2$ les bouchons vont se comporter comme des capacités : le filtre cessera donc de fonctionner en tant que passehaut ; il est exclusivement formé de capacités. Nous retrouvons donc par ce raisonnement les frontières ω_1 et ω_2 trouvées par ailleurs.

Remarque. — Nous voyons que le fait de fixer les frontières d'un des filtres de bandes que nous avons considérés revient à écrire 2 équations entre les paramètres L, C et K. Comme pour les passehaut et les passebas, il y a une infinité de filtres répondant à la question.

18. *Résumé.* — Il résulte de l'étude précédente que la frontière de filtrage théorique d'un passehaut et d'un passebas est donnée par la période propre d'une cellule du filtre. Il existe une infinité de ces filtres ayant même frontière.

Pareillement, il existe une infinité de filtres de bandes ayant mêmes frontières. Le calcul de ces dernières peut se faire soit par la méthode générale, soit par la considération des filtres équivalents. Ces procédés de calcul reviennent évidemment au même. Ces deux méthodes s'appliquent d'ailleurs à un filtre absolument quelconque.

CHAPITRE IV

Impédance des filtres.

19. Considérons un filtre aux bornes d'entrée duquel nous appliquons une différence de potentiel de pulsation ω et dont les bornes de sortie sont connectées à une impédance σ. Les définitions que nous avons données de l'impédance à l'émission et à la réception d'une ligne artificielle s'appliquent évidemment aux filtres. Il est nécessaire de connaître ces impédances si l'on veut connaître l'état électrique des réseaux de conducteurs auxquels ces filtres sont incorporés. Nous allons dans le présent chapitre étudier ces impédances. Comme nous l'avons fait jusqu'ici, nous continuerons à négliger les résistances ohmiques des cellules. De ce fait, nos calculs appliqués à des filtres réels ne seront pas rigoureux, mais l'ordre de grandeur et le sens des phénomènes seront généralement conservés.

20. *Impédance caractéristique des filtres.* — Nous avons défini au chapitre I l'impédance caractéristique Z_0 d'une ligne artificielle comme étant l'impédance du *récepteur* qui branché à une extrémité de la ligne a une valeur telle que l'impédance totale à l'autre extrémité soit justement égale à celle-là. Cette définition cesse d'être précise lorsque l'argument de ce récepteur est $\pm \frac{\pi}{2}$. Voici dans ce cas comment nous pourrons opérer.

Nous prendrons pour Z_0 l'une quelconque de ses deux déterminations et la portant dans les formules (4) :

$$(4) \qquad \frac{r}{2} = Z_0 \operatorname{th} v \qquad g = \frac{\operatorname{Sh} 2v}{Z_0}$$

pour les lignes en T, ou (16)

$$(16) \qquad \frac{g}{2} = \frac{1}{Z_0} \operatorname{th} v \qquad r = Z_0 \operatorname{Sh} 2v$$

pour les lignes en π, nous en déduirons v. Grâce à cette précaution, les changements de variables ci-dessus seront respectés et nous aurons le droit d'employer dans nos calculs les formules fondamentales (A) (B) et (C).

On sait qu'on peut définir l'impédance caractérisque d'une ligne artificielle d'une autre manière que celle que nous avons donnée au chapitre I : c'est l'impédance qu'offrirait la ligne si elle avait une infinité de cellules, quelle que soit la valeur du récepteur branché à l'autre extrémité. Que devient cette définition lorsqu'on l'applique aux filtres ?

On constate qu'elle ne peut être employée qu'à l'extérieur de la zone de filtrage.

En effet, on a dans ce cas (chapitre II n° 11) soit v réel, soit $v = u + j\frac{\pi}{2}$. On voit alors facilement que Z_0 est purement imaginaire, autrement dit que son argument est égal à $\pm\frac{\pi}{2}$. D'après ce qu'on a vu au début du présent paragraphe, rien jusqu'ici ne nous pousse à choisir une valeur de Z_0 plutôt qu'une autre. Choisissons-en une et soit un filtre de n cellules dont l'extrémité réceptrice est fermée sur une impédance σ. Posant $\text{th}\,\theta = \frac{\sigma}{Z_0}$ la formule qui nous donne l'impédance à l'émission d'un tel filtre est :

$$\begin{aligned} Z_n &= Z_0 \text{ th } (2nv + \theta) \\ &= Z_0 \frac{\text{th } 2n + \text{ th } \theta}{1 + \text{th } 2nv \times \text{th } \theta} \\ &= Z_0 \frac{Z_0 \text{ th } 2nv + \sigma}{Z_0 + \sigma \text{ th } 2nv} \end{aligned}$$

où v est soit réel, soit égal à $n + j\frac{\pi}{2}$. Dans le 1er cas, la formule reste ce qu'elle est, dans le 2e elle devient :

$$Z_n = Z_0 \frac{Z_0 \coth 2nu + \sigma}{Z_0 + \sigma \coth 2n.\,u.}$$

Si n est très grand, $\text{th}\, 2nv$ et $\coth 2nu$ sont très voisins de ± 1 suivant le signe de u et de v et Z_n voisin de $\pm Z_0$. Si on a choisi Z_0 tel que le v déduit des formules (4) ou (16) soit réel et positif ou égal à $u + j\frac{\pi}{2}$ avec u réel et positif on voit que $Z_n = Z_0$.

A l'intérieur de la zone de filtrage on a (chap. II n° 11) $v = ju$ avec u réel.

La formule (24) devient :

$$Z_n = Z_0 \frac{Z_0 \times j \operatorname{tg} 2n\, u + \sigma}{Z_0 + \sigma \times j \operatorname{tg} 2n\, u}$$

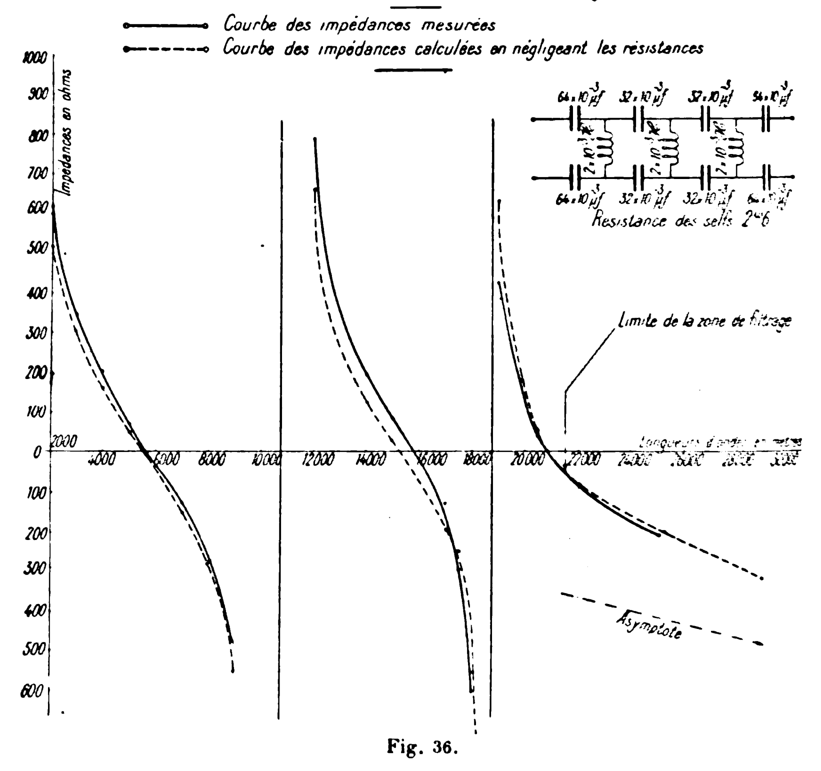


Fig. 36.

On voit dès lors que quand n croît, Z ne tend pas vers Z_0.

Les deux définitions de l'impédance caractéristique, celle du chapitre I et celle identifiant cette impédance à l'impédance d'une ligne infiniment longue, se complètent donc mutuellement dans le cas des filtres.

Nous supposerons dans ce qui va suivre le nombre de cellules des filtres assez grand pour que à l'extérieur de la zone de filtrage $Z_n = Z_0$ sensiblement ; nous sommes donc conduit à n'étudier les impédances qu'à l'intérieur de la zone de filtrage. Nous

allons faire cette étude pour les 2 types fondamentaux : les passehaut et les passebas.

ÉTUDE DE L'IMPÉDANCE D'UN PASSEHAUT DE n CELLULES DANS SA ZONE DE FILTRAGE, FERMÉ SUR UN RÉCEPTEUR QUI, POUR LA PULSATION ω, A UNE IMPÉDANCE σ.

21. *Impédance caractéristique.*

1° Filtre à cellules en T.

On a :

$$\text{Sh } v = \pm j \frac{\omega_0}{\omega} \left(\frac{\omega_0}{\omega} < 1 \text{ à l'intérieur de la zone de filtrage.} \right)$$

$$Z_0 = \pm \sqrt{- \frac{j}{C\omega} \times j\, L\omega \left[1 - \left(\frac{\omega_0}{\omega} \right)^2 \right]}$$

$$Z_0 = \pm \sqrt{\frac{L}{C} \left[1 - \left(\frac{\omega_0}{\omega} \right)^2 \right]}$$

A l'intérieur de la zone de filtrage, l'expression précédente est une quantité réelle. Nous la prendrons avec le signe $+$. Le signe de v devra être tel que les relations (4) :

$$\frac{r}{2} = Z_0 \text{ th } v \qquad g = \frac{\text{Sh } 2v}{Z_0}$$

soient vérifiées. Nous sommes ainsi conduits à prendre :

$$\text{Sh } v = -j \frac{\omega_0}{\omega} \qquad \text{Ch } v = + \sqrt{1 - \left(\frac{\omega_0}{\omega} \right)^2}$$

$$v = -j \text{ arc sin } \frac{\omega_0}{\omega}$$

2° Filtre à cellules en π.

$$Z_0 = \pm \sqrt{\frac{L}{c}} \times \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{\omega_0}{\omega} \right)^2}}$$

Nous prendrons avec le signe $+$ cette expression, réelle à l'intérieur de la zone de filtrage. Le signe de v devra être tel que les relations (16) :

$$\frac{g}{2} = \frac{1}{Z_0} \times \text{th } v, \qquad r = Z_0 \text{ Sh } 2v$$

soient vérifiées.

Ceci nous conduit à prendre comme dans le cas des filtres en T.

$$\text{Sh}\, v = -j\frac{\omega_0}{\omega} \qquad \text{Ch}\, v = +\sqrt{1-\left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)^2}$$

$$v = -j \arcsin \frac{\omega_0}{\omega}$$

22. Nous pouvons maintenant passer à l'étude du problème général que nous nous sommes posé. L'impédance à la fréquence ω du passehaut de n cellules fermé sur le récepteur d'impédance σ est :

$$Z_n = Z_0 \,\text{th}\,(2\,n\,v + \theta)$$

avec $\text{th}\,\theta = \frac{\sigma}{Z_0}$. Développant cette expression, nous trouvons :

$$Z_n = Z_0 \frac{Z_0 \,\text{th}\, 2\,n\,v + \sigma}{Z_0 + \sigma\,\text{th}\, 2\,n\,v}$$

Mais ici $v = -j \arcsin \frac{\omega_0}{\omega}$. Donc :

$$Z_n = Z_0 \frac{-Z_0 \times j\,\text{tg}\left(2\,n \arcsin \frac{\omega_0}{\omega}\right) + \sigma}{Z_0 - \sigma \times j\,\text{tg}\left(2\,n \arcsin \frac{\omega_0}{\omega}\right)}$$

Posons $\quad 2\,n \arcsin \frac{\omega_0}{\omega} = x$

$$Z_n = Z_0 \frac{j\,Z_0\,\text{tg}\,x - \sigma}{j\,\sigma\,\text{tg}\,x - Z_0}$$

L'impédance σ peut se mettre sous la forme $\alpha + j\,\beta$, α et β étant des fonctions de ω. L'expression de Z_n devient alors :

$$(25) \qquad Z_n = Z_0 \frac{j\,(Z_0 \sin x - \beta \cos x) - \alpha \cos x}{j\,\alpha \sin x - (Z_0 \cos x + \beta \sin x)}$$

Cette formule donne l'impédance cherchée et permet de calculer Z_n en module et en phase. Remarquons que Z_0, α, β sont des fonctions de ω et que x est une fonction de ω et de n.

Un cas intéressant est celui où on laisse ω fixe et où on fait varier n. Z_0, α et β sont alors des constantes et la formule s'écrit en posant : $\frac{\beta}{Z_0} = \text{tg}\,\psi$:

$$Z_n = Z_0 \frac{j\, Z_0 \sin\,(x - \psi) - \alpha \cos \psi \cos x}{j\, \alpha \cos \psi \sin x - Z_0 \cos\,(x - \psi)}$$

Le numérateur est de la forme : $X + j\, Y$ où

$$\begin{cases} X = -\,\alpha \cos \psi \cos x \\ Y = Z_0 \sin\,(x - \psi) \end{cases}$$

Ceci est l'équation d'une ellipse.

Le point représentatif de la variable $X + j\, Y$ dans le plan imaginaire se meut sur cette ellipse quand x varie.

Le dénominateur est de la forme $X' + j\, Y'$ ou

$$X' = -\,Z_0 \cos\,(x - \psi)$$
$$Y' = \alpha \cos \psi \sin x$$

c'est l'équation d'une autre ellipse. Une construction géométrique simple permet de passer du point X, Y au point X', Y'. Soit en effet A le point représentatif de X, Y ; A' le point représentatif

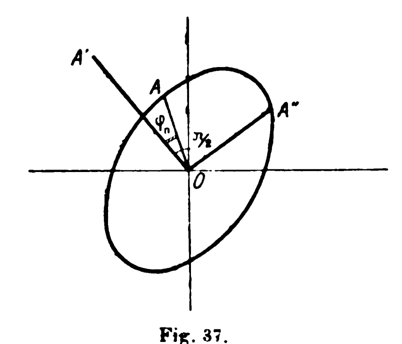


Fig. 37.

de X', Y' ; A'' le point situé à l'extrémité du diamètre conjugué du diamètre O A. On obtient le vecteur O A' en faisant tourner O A'' de $\frac{\pi}{2}$ autour de O dans le sens convenable (1). O A et O A' représentent en module et en phase respectivement le numérateur et le dénominateur de la formule. L'angle $\varphi_n = x\hat{O}A - x\hat{O}A'$ en est l'argument.

La considération de la figure 31 résout le problème que nous nous étions posé.

(1) Voir note page suivante.

Nous pouvons faire en passant une remarque. Soit U_n la tension aux bornes d'entrée du filtre, I_n le courant qui y pénètre. On a :

$$Z_n = \frac{U_n}{I_n} = \frac{Z_0 \left[j Z_0 \sin(x - \psi) - \alpha \cos\psi \cos x\right]}{j \alpha \cos\psi \sin x - Z_0 \cos(x - \psi)}$$

D'où :

$$\frac{U_n}{Z_0 \left[j Z_0 \sin(x - \psi) - \alpha \cos\psi \cos x\right]} = \frac{I_n}{j \alpha \cos\psi \sin x - Z_0 \cos(x - \psi)}$$

Autrement dit, si on convient de représenter U_n par O A, I_n sera proportionnel à O A′. Or, on sait que dans une ellipse on a entre deux demi-diamètres conjugués tels que O A et O A″ la relation :

$$OA \times OA'' \times \sin A\hat{O}A'' = \text{constante}$$

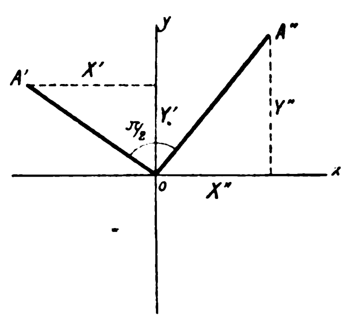
Cette relation devient ici :

$$U_n \times I_n \times \cos \varphi_n = \text{constante}$$

Elle montre que l'énergie qui pénètre dans chaque cellule se con-

(1) En effet, les coordonnées de A étant :

$$X = -\alpha \cos\psi \cos x \qquad Y = Z_0 \sin(x - \psi)$$



les coordonnées de A″ seront :

$$X'' = -\alpha \cos\psi \cos\left(x + \frac{\pi}{2}\right) \qquad Y'' = Z_0 \sin\left(x + \frac{\pi}{2} - \psi\right)$$

$$= \alpha \cos\psi \sin x \qquad\qquad = Z_0 \cos(x - \psi)$$

On voit qu'on a :

$$X' = -Y''$$
$$Y' = X''$$

ce qui montre que le point A′ se déduit de A″ par rotation de $\frac{\pi}{2}$ autour de O dans la sens positif.

serve le long du filtre, ce qui était évident à priori (1). Si le récepteur σ est purement inductif, $\alpha = 0$ dans la formule 25; les ellipses se réduisent à des droites et l'énergie circulant jusqu'au bout du filtre est entièrement déwattée.

Ce qui précède s'applique à la zone de filtrage. A l'extérieur de cette zone, le filtre refuse de transmettre de l'énergie, wattée ou non, jusqu'au récepteur. Il n'accepte de l'émetteur que de l'énergie déwattée dont les courants et tensions s'évanouissent au bout de quelques cellules.

ÉTUDE DE L'IMPÉDANCE D'UN PASSEBAS DE n CELLULES DANS SA ZONE DE FILTRAGE FERMÉ SUR UN RÉCEPTEUR QUI, POUR LA PULSATION ω, A UNE IMPÉDANCE σ.

23. *Impédance caractéristique.*

On a :

$$\mathrm{Sh}\, v = \pm j \frac{\omega}{\omega_0}$$

1°) *Filtre en T.*

$$Z_0 = \pm \sqrt{j\,L\,\omega \times \frac{1}{j\,C\,\omega}\left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2\right]}$$

$$Z_0 = \pm\sqrt{\frac{L}{C}\left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2\right]}$$

à l'intérieur de la zone de filtrage l'expression précédente est une quantité réelle. Nous la prendrons avec le signe +. Le signe de v devra être tel que les relations (4) soient vérifiées :

$$(4) \qquad \frac{r}{2} = Z_0 \,\mathrm{th}\, v \qquad\qquad g = \frac{\mathrm{Sh}\, 2\,v}{Z_0}$$

Nous sommes conduits à prendre :

$$\mathrm{Sh}\, v = +j\frac{\omega}{\omega_0} \qquad\qquad \mathrm{Ch}\, v = +\sqrt{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}$$

(1) Voir raisonnement analogue dans Janel, Cours d'électrotechnique tome II : Propagation des courants alternatifs.

$$v = + j \text{ arc sin } \frac{\omega}{\omega_0}$$

2°) *Filtre en π.*

$$Z_0 = \pm \sqrt{\frac{L}{C}} \times \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}}$$

Nous prendrons avec le signe $+$ cette expression, réelle à l'intérieur de la zone de filtrage. Le signe de v devra être tel que les relations (16) :

$$(16) \qquad \frac{g}{2} = \frac{1}{Z_0} \times \text{th } v \qquad r = Z_0 \text{ Sh } 2 v$$

soient vérifiées. Ceci nous conduit à prendre comme dans le cas précédent :

$$\text{Sh } v = + j \frac{\omega}{\omega_0} \qquad \text{Ch } v = + \sqrt{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}$$

$$v = + j \text{ arc sin } \frac{\omega}{\omega_0}$$

Impédance à la fréquence ω *du passebas de* n *cellules fermé sur le récepteur d'impédance* σ.

$$Z_n = Z_0 \text{ th } (2 n v + \theta)$$

$$= Z_c \frac{Z_0 \text{ th } (2 n v) + \sigma}{Z_0 + \sigma \text{ th } 2 n v}$$

Posant

$$2 n v = j \times 2 n \text{ arc sin } \frac{\omega}{\omega_0} = j x$$

$$Z_n = Z_0 \frac{j Z_0 \text{ tg } x + \sigma}{Z_0 + j \sigma \text{ tg } x} = Z_0 \frac{j Z_0 \sin x + \sigma \cos x}{Z_0 \cos x + j \sigma \sin x}$$

Mais $\sigma = \alpha + j \beta$ (α et β fonctions de ω)

$$Z_n = Z_0 \frac{j (Z_0 \sin x + \beta \cos x) + \alpha \cos x}{j \alpha \sin x + (Z_0 \cos x - \beta \sin x}$$

Cette formule est analogue à la formule (25). Elle en dérive en changeant x en $-x$.

Une étude semblable à celle qui a été faite pour le filtre passe-

haut conduirait à des résultats analogues. Ces deux études d'ailleurs s'appliquent non seulement à des passehaut et des passebas, mais aussi, évidemment à des passehaut et des passebas équivalents à des filtres quelconques.

25. *Cas où les résistances ohmiques ne sont pas nulles.* — Nous avons supposé jusqu'ici que les résistances ohmiques étaient nulles ou négligeables. En fait cette hypothèse peut ne pas être admissible. Il va en résulter que nous ne pourrons plus parler de zone de filtrage théorique. Cette notion suppose en effet que le nombre de cellules est infini ; or, au bout d'une infinité de cellules, à cause des résistances ohmiques, nous n'aurons ni tension ni courant : les formules générales le montrent et l'intuition pareillement. Donc, dans ce cas nous définirons la zone de filtrage comme nous l'avons fait tout d'abord (chapitre II n° 11) par la condition que la quantité $\left|\frac{U_n}{U_0}\right|$ soit inférieure pour chaque valeur de ω appartenant à cette zone à un nombre M que nous nous fixerons à l'avance.

Nous n'aurons aucune difficulté à mener nos calculs à bonne fin en utilisant par exemple les tables de fonctions hyperboliques complexes du professeur Kennelly ou les graphiques les représentant. Bien entendu, la valeur des résistances, selfs et capacités devra correspondre aux fréquences et intensités des courants qui les traversent.

26. *Résumé.* — Continuant l'étude des filtres où les résistances ohmiques sont négligeables, nous avons parlé tout d'abord de leur impédance caractéristique. Nous avons défini cette dernière de deux façons : d'abord comme étant l'impédance qui, mise à un bout d'un filtre de longueur quelconque, mais finie, se retrouve à l'autre bout ; ensuite comme étant l'impédance à l'émission d'un filtre de longueur infinie.

La première définition est valable dans tous les cas, mais, en dehors de la zone de filtrage, la deuxième définition vient la préciser. Cette dernière au contraire, valable à l'extérieur de la zone de filtrage, ne l'est pas à l'intérieur de cette zone.

En ce qui concerne non plus les impédances caractéristiques,

mais les impédances à l'émission, il faut apporter une distinction entre l'extérieur et l'intérieur de la zone de filtrage. A l'extérieur, pourvu que n soit un peu grand, l'impédance à l'émission est sensiblement égale à l'impédance caractéristique. A l'intérieur, cette impédance à l'émission est fournie par la formule fondamentale A. Nous avons remarqué incidemment que, pour chaque pulsation ω, l'énergie, le long du filtre, se conserve.

Lorsque les résistances ohmiques ne peuvent être considérées comme nulles, les formules fondamentales A, B et C résolvent tous les problèmes qu'on peut se poser au sujet des filtres.

Dans le cas des filtres réels, les courbes représentant d'une part les impédances mesurées, d'autre part les impédances calculées en supposant les résistances ohmiques nulles ont la même allure. Pour que l'écart entre elles soit petit, il faut évidemment que les résistances ohmiques soient faibles vis-à-vis des réactances des diverses selfs et capacités.

REVUE DES PÉRIODIQUES

PÉRIODIQUES EN LANGUE FRANÇAISE

Chauffage par induction à haute fréquence (*La Technique moderne* : 15 avril 1923. G. Ribaud, professeur à la Faculté des Sciences de Strasbourg). — Des essais fort intéressants sont actuellement poursuivis tant en France qu'en Amérique en vue d'utiliser industriellement les courants à haute fréquence pour le chauffage des fours électriques. On sait que, dès maintenant, les courants à basse fréquence sont employés à cette fin d'une façon courante dans l'électrométallurgie : ils alimentent le primaire de transformateurs spéciaux à circuit magnétique fermé, dans lesquels la matière conductrice à chauffer, disposée sous forme d'anneau, réalise le circuit secondaire. Dans les nouveaux fours, l'emploi des courants haute fréquence accroît très notablement les effets d'induction et, par suite, le rendement tout en permettant une grande simplification des appareils, particulièrement la suppression du circuit magnétique.

Ces fours comprennent essentiellement un creuset en terre réfractaire, muni d'un couvercle et de deux enveloppes constituées, l'une, par un isolant calorifique, l'autre, par un support métallique qui assure la rigidité de l'ensemble. Le circuit électrique, en tubes de cuivre à circulation d'eau, s'enroule autour de cet ensemble, formant le primaire d'un transformateur dont la substance à chauffer sera le secondaire.

Le courant haute fréquence est produit par une installation à étincelles. Aux bornes du secondaire d'un transformateur survolteur, qui élève à la tension convenable un courant de fréquence industrielle, est connecté un circuit oscillant comportant un condensateur C, l'enroulement électrique du tour dė self l, un éclateur tournant réglant la fréquence des étincelles. Chaque décharge engendre un courant oscillant amorti de période :

$$T = 2\pi\sqrt{Cl}$$



Pratiquement, cette période est de l'ordre de $\frac{1}{30.000}$ à $\frac{1}{100.000}$ de seconde. Les ondes entretenues, d'une application difficile pour des puissances notables, ne semblent pas jusqu'ici présenter d'avantages marqués sur les ondes amorties de production beaucoup plus aisée.

Le rendement de ces fours est très variable et dépend d'une multitude de facteurs : 1° Il est étroitement lié à la résistivité de la substance employée, passant par un maximum pour des corps de résistivité moyenne (65 °/₀ pour le charbon, 40 °/₀ pour le mercure), décroissant pour de petites ou de grandes valeurs de la résistivité (10 à 15 °/₀ pour le cuivre, moins de 10 °/₀ pour la plombagine). — 2° La capacité C, c'est-à-dire la fréquence, doit aussi avoir dans chaque cas une valeur convenable. Une fréquence trop faible rend les effets d'induction insuffisants ; une fréquence trop élevée exagère les pertes par effet Joule. 3° D'autres influences sont encore à considérer, comme celles des dimensions du four, du diamètre et de la hauteur de la substance à chauffer.

Néanmoins les fours à haute fréquence donnent des résultats très encourageants et précieux : leur rendement est en général au moins comparable, parfois supérieur à celui des autres fours industriels. Ils offrent d'ailleurs des avantages sur ceux-ci, surtout du fait de la localisation et de l'uniformité des effets calorifiques dans la masse même des corps qui peuvent être complètement entourés par des isolants calorifiques et du fait de leur étanchéité qui permet d'opérer dans le vide ou s'il en est besoin à l'abri de toute trace de substance carburante. De plus, ces fours possèdent la propriété particulièrement intéressante d'atteindre rapidement (parfois en quelques minutes) des températures très élevées dépassant même 3.000°.

Aussi, peut-on penser que le stade de réalisation semi-industrielle auquel on est arrivé à l'heure actuelle sera bientôt franchi, que les puissances déjà utilisables seront dépassées et que les fours par induction à haute fréquence sont assurés d'un grand développement futur.

PÉRIODIQUES EN LANGUES ÉTRANGÈRES

La diffusion radiotéléphonique et les stations à étincelles (*The Wireless World :* juillet 1923). — Les amateurs de T.S.F. qui résident au voisinage des côtes sont constamment troublés dans l'écoute des émissions radiotéléphoniques par le trafic des postes côtiers avec les navires en mer. Des plaintes nombreuses se sont déjà élevées, soit de la part des auditeurs, soit de celle des vendeurs d'appareils, lesquels sont dans l'impossibilité de garantir une réception efficace dans les régions côtières. La modulation radiotéléphonique couvre une bande de longueurs d'onde comprise entre 350 et 420 mètres. Les communications maritimes se font généralement sur l'onde de 600 mètres, mais par suite de l'amortissement élevé des appareils émetteurs, il est de fait qu'elles influencent fortement les réceptions radiophoniques, surtout celles qui sont obtenues avec un seul circuit d'accord. Il faut d'ailleurs tenir compte du fait que les stations de bord mettent couramment en jeu des puissances d'un kilowatt et demi. Un rapport du professeur Marchant récemment présenté à la Radio Society of Great Britain vient d'ailleurs de mettre en évidence les difficultés éprouvées notamment dans la région de Liverpool du fait de nombreux navires en conversation continuelle.

Un nouvel appareil haut-parleur (*The Wireless World :* juin 1923). — C'est celui que M. S. G. Brown vient de présenter à la Royal Institution et qui non seulement transforme dans de bonnes conditions les ocillations électriques en ondes sonores, mais en outre fonctionne comme amplificateur, c'est-à-dire augmente considérablement l'énergie mise en jeu.

Le principe de sa construction est basé sur le frottement d'un frein sur un disque tournant. La pièce frottante est fixée à l' « anche » d'un écouteur Brown du type usuel, les vibrations de l'anche produites par les signaux font varier la pression du frein sur le disque tournant et par suite, l'effort tangentiel qui tend à entraîner le premier dans le mouvement du second.

Ce montage rappelle celui du haut parleur Johnsen-Rahbeck,

mais tandis que ce dernier met en jeu des forces électrostatiques, le nouveau procédé ne fait appel qu'à des actions mécaniques.

Le disque tournant est en verre très soigneusement dressé et poli; sa vitesse de rotation est d'environ 70 tours par minute et son mouvement peut être commandé par un simple moteur de gramophone: le disque du modèle expérimenté mesurait environ 7 pouces de diamètre. Le frein est constitué par une rondelle d'acier d'un pouce de diamètre attachée rigidement à l' « anche » du diaphragme par un fil d'acier d'environ un pouce de longueur ; la partie frottante est garnie d'un disque de liège très mince. L'ensemble écouteur frein est ajusté avec soin de manière que le liège touche à peine le disque. Dans ces conditions le moindre mouvement de l'anche l'appuiera sur le disque en produisant un frottement. Le frein est attaché par deux fils d'une part à un ressort porté par une pièce fixe réglable, d'autre part au centre du diagramme d'un gramophone.

On peut estimer l'amplification produite par cet appareil comme équivalente à deux étages basse fréquence ; des paroles à peine audibles à deux pieds d'un écouteur ordinaire donnaient par l'intermédiaire de ce haut-parleur, et ceci sans aucune distorsion, un volume de son remplissant une pièce de grandes dimensions.

La retransmission des signaux radiotéléphoniques (*Telephone Engineer :* avril 1923). — Aux États-Unis, on cherche le moyen de développer le service radiotéléphonique privé afin d'en faire profiter les fermiers isolés et les habitants des campagnes qui vivent trop loin des stations émettrices pour pouvoir se servir de postes récepteurs d'un modèle simple et partant peu coûteux. Dans la revue *Telephone Engineer* (nº d'avril 1923), M. Rathburn étudie différentes méthodes applicables dès aujourd'hui, en faisant ressortir leurs avantages et leurs inconvénients.

Le premier système consiste évidemment à retransmettre directement après amplification les signaux reçus de la station émettrice. Il a le mérite d'être simple et pratique pour la raison que les amateurs peuvent se servir à la réception de postes d'un type normal. Son principal défaut résulte du fait qu'il est impossible d'assurer le secret des informations (transmission des cotes financières, des mer-

curiales etc...). Certains ont prétexté qu'il pourrait gêner les postes récepteurs locaux plus puissants ; mais cette objection n'est pas à retenir puisque les ondes retransmises ont une longueur comprise entre 150 et 200 mètres alors que les ondes initiales ont une longueur variable entre 360 et 485 mètres. La différence entre les unes et les autres est si grande qu'un dispositif d'accord des plus simples suffirait pour écarter tout risque de brouillage.

Un autre système, qui n'est autre chose qu'une variante du précédent, consiste à détecter les ondes et à les amplifier convenablement pour en faire des ondes de fréquence téléphonique, puis à les retransmettre sur les lignes d'abonnés dans la forme habituelle. En d'autres termes, les radioconcerts, etc... seraient transmis aux abonnés comme un appel ordinaire sans que ceux-ci aient besoin à l'arrivée d'un poste récepteur spécial. Les émissions radiotéléphoniques se feraient à des heures fixées d'avance et les personnes désireuses de les écouter n'auraient qu'à décrocher leur récepteur. Les signaux seraient très amplifiés au départ, mais ceci ne présente aucune difficulté technique. Les abonnés n'auraient donc pas d'autres frais que le prix de l'abonnement à ce service spécial au cas où l'on jugerait nécessaire d'en percevoir un. Mais ce système a le gros inconvénient d'immobiliser la ligne des abonnés pendant toute la durée des émissions ; cet inconvénient serait particulièrement sensible dans le cas de « lignes de groupes » (party lines) lorsque tous les abonnés ne participeraient pas au service radiotéléphonique.

La troisième méthode consiste à utiliser les lignes du réseau téléphonique pour transmettre les informations à une fréquence radio et non plus à une fréquence téléphonique comme on vient de le voir. Les ondes d'arrivée seraient amplifiées à l'aide de dispositifs appropriés avant d'être transmises sur les lignes d'abonnés. Chaque abonné au service brancherait son poste radiotéléphonique de réception sur sa propre ligne téléphonique qui jouerait ainsi le rôle d'antenne. Ce système est avantageux en ce sens que les émissions radiotéléphoniques ne gêneraient nullement les communications ordinaires écoulées simultanément sur la même ligne.

On a essayé d'utiliser les lignes d'énergie et de lumière pour transmettre des signaux radio, mais sans grand succès pratique. La

réception est toujours gênée par le ronflement du courant alternatif et par des bruits secs dus aux variations de la charge. Il semble donc que les circuits téléphoniques soient les seuls convenables lorsqu'on veut faire de la radiotéléphonie dirigée.

En résumé, des trois méthodes étudiées ci-dessus, c'est la retransmission des émissions, par ondes de fréquence radio et sur les circuits téléphoniques, qui présente les plus grands avantages. La fréquence des ondes retransmises étant de l'ordre de 833.000 périodes par seconde, elles n'influeront pas sur les récepteurs et autres appareils téléphoniques ordinaires. En réalité, ces ondes, pour être audibles, doivent être redressées à l'aide d'un détecteur approprié; elles ne risquent pas d'occasionner de court-circuit dans le poste de l'abonné parce que la moindre inductance constitue pour elles un obstacle sérieux. Quant aux frais imposés aux abonnés, ils sont peu importants : un poste à détecteur à cristal convient parfaitement pour recevoir les signaux amplifiés guidés par les fils de ligne. Ces postes simples pourraient être loués à bas prix par la Compagnie téléphonique qui encouragerait ainsi les abonnés à souscrire au nouveau service.

Au central téléphonique chargé de la retransmission, les frais seraient minimes. Il suffirait d'y installer un détecteur à lampes et un amplificateur approprié. L'importance de ce dernier varierait évidemment avec le nombre des lignes à desservir, mais les dépenses ne seraient pas exagérées, même si le nombre des abonnés au service radiotéléphonique atteignait plusieurs centaines. La retransmission à des fréquences téléphoniques exigerait une amplification plus considérable car, en pareil cas, l'amplificateur doit actionner directement tous les récepteurs téléphoniques.

Le broadcasting en Angleterre. La troisième licence

(*The Electrician* : 20 avril 1923). — Le Postmaster General vient de déclarer qu'aucune poursuite ne serait exercée contre les amateurs qui ont construit eux-mêmes leurs postes récepteurs tant qu'il n'aura pas annoncé dans quelles conditions précises ils peuvent obtenir une licence. Il ajoute qu'il sera bientôt en mesure de se prononcer. La situation reste donc toujours dans l'indécision. On dit que la

« British Broadcasting C° » a proposé que le prix de la licence soit fixé à 1 livre sterling dont 15 shellings iraient à la Compagnie, tandis que le Postmaster General est d'avis de ne pas dépasser 10 shellings dont la moitié serait versée à la Compagnie. Il paraîtrait que la « British Broadcasting C° » serait disposée à accepter cet arrangement à condition que les postes d'amateurs fussent construits exclusivement avec des pièces détachées fabriquées en Grande-Bretagne.

Télégraphie à haute fréquence (F. Lueschen, *E.T.Z.* : janvier 1923). — Après avoir passé en revue les divers systèmes de télégraphie par courant continu, l'auteur indique la supériorité de la sélection électrique par résonance sur la sélection purement mécanique. Il étudie le moyen d'appliquer la méthode dite à courant porteur, sur les circuits de câbles pupinisés et montre que, pour obtenir de bons résultats, il faut que la bande des fréquences employées soit comprise entre 400 et 1.700 périodes par seconde.

Les systèmes mutiplex à basse fréquence, tels que le Mercadier, occasionnent, par induction, de sérieuses perturbations dans les circuits téléphoniques voisins des fils télégraphiques parce que les tensions sont relativement élevées. Lorsqu'on se sert de tubes à vide cet inconvénient disparaît puisque les courants et tensions sont alors de l'ordre de ceux employés en téléphonie.

M. Lueschen décrit ensuite une installation télégraphique sextuple fonctionnant avec six oscillateurs à lampes commandés par six transmetteurs et montés d'après le système Meissner : l'énergie débitée par les lampes est appliquée au circuit filament-plaque d'un amplificateur commun dont le circuit de sortie est couplé au circuit du câble (couplage de transformateur). A l'arrivée, le circuit de câble est relié au circuit d'entrée d'un amplificateur dont le circuit de sortie est connecté, à travers six filtres de bandes, à des lampes détectrices commandant des relais.

Avec ce système, on a pu se procurer six liaisons simultanées à haute fréquence ; à la réception, on utilisait respectivement : un récepteur Morse, un Siemens rapide, un Siemens imprimant (type pendulaire), un télégraphe commercial, un sounder et un Morse

automatique Siemens. La transmission se faisait sur un Morse automatique.

L'auteur établit ensuite une comparaison entre la méthode décrite et les méthodes américaines, puis fait remarquer qu'on peut travailler sans distributeurs. Il conclut en disant qu'on sera amené un jour à mettre sous câble tous les fils télégraphiques pour les soustraire à l'influence des lignes de transport d'énergie et des lignes de traction électrique.

Des essais effectués en 1921 sur le câble Berlin-Rhénanie il résulte qu'on peut exploiter simultanément six communications sur un circuit de câble ayant un coefficient d'affaiblissement égal à 2,3 ($\beta l = 2,3$). Un service télégraphique à haute fréquence organisé entre Berlin et Hanovre fonctionne depuis plusieurs mois d'une manière très satisfaisante. Un courant alternatif d'une certaine fréquence émis à Berlin actionne à Hanovre un relais qui, à son tour, envoie du courant continu à Dortmund sur un fil duplexé ; dans l'autre sens, le courant émis à Dortmund actionne un relais installé à Hanovre et débitant du courant alternatif. Récemment quatre nouvelles communications à haute fréquence ont été mises en service sur la même ligne.

Un nouveau procédé de photographie à distance (*Post. Off. Electr. Engin. Journal :* avril 1923). — A diverses reprises au cours des vingt dernières années, on a proposé plusieurs systèmes de transmission électrique des images, c'est-à-dire des méthodes permettant d'obtenir à l'extrémité d'une ligne télégraphique une reproduction plus ou moins exacte d'une photographie, d'un dessin, d'une image dont l'original se trouve au poste de transmission.

Parmi les savants qui ont abordé l'étude de ce problème il faut citer Korn, Thorne-Baker, Belin, etc...

D'une manière générale, les méthodes consistent à faire parcourir l'original un certain nombre de fois par un contact en pointe ou style (on compte le plus souvent 80 parcours par bande de 25 mm.) et à utiliser directement ou indirectement l'original lui-même pour faire varier l'intensité du courant transmis ; à la réception, on utilise directement ou indirectement les variations d'intensité du courant

pour tracer côte à côte un certain nombre de lignes semblables occupant une place convenable l'une par rapport à l'autre, afin de reproduire l'image plus ou moins exactement.

Ceci revient à décomposer l'image à transmettre en un grand nombre de bandes étroites, et à faire en sorte de transmettre fidèlement sur la ligne les courants d'intensité variable qui seront reçus à la suite l'un de l'autre sur un dispositif approprié. On voit donc que la bande reçue est coupée en morceaux de longueur convenable qu'il faut placer côte à côte pour reformer l'image.

La grosse difficulté consiste à télégraphier convenablement les tons de l'image. Dans ce but, on a parfois eu recours à des résistances en sélénium pour faire varier l'intensité du courant électrique suivant la quantité de lumière qui traverse le cliché ; d'autres fois, à l'aide d'un procédé spécial, on donnait à l'image un certain relief qui agissait sur un levier qui à son tour commandait un microphone ; on obtenait ainsi des courants d'intensité variable.

Au poste récepteur, les variations d'intensité étaient enregistrées par des appareils qui laissaient passer une plus ou moins grande quantité de lumière vers une pellicule photographique suivant que le courant électrique était lui-même plus ou moins fort ; on obtenait ainsi les teintes voulues.

Les différents systèmes exigent un synchronisme parfait entre les appareils de transmission et les appareils de réception. Certains ont donné des résultats assez bons, mais tous exigent des dispositifs spéciaux à chacune des extrémités de la ligne.

Récemment, les propriétaires du « *Daily Mirror* », ont trouvé une nouvelle méthode qui permet précisément de se passer de ces dispositifs spéciaux ; toutefois, l'image à transmettre doit être préparée avant d'être transmise ; au bureau du destinataire, un mécanisme permet de reproduire l'image d'après le télégramme reçu sur un appareil télégraphique ordinaire.

Voici, en deux mots, en quoi consiste le nouveau procédé :

L'image à transmettre est photographiée dans la forme habituelle ; avec le négatif, on tire un certain nombre de positifs sur des feuilles métalliques flexibles revêtues d'un produit photographique convenable. Après qu'elles ont subi un traitement spécial, les feuilles



métalliques sont enroulées sur un cylindre qui peut tourner sur lui-même et se déplacer de haut en bas sous l'effet d'une vis à pas très serré. On place alors sur chaque feuille un certain nombre de styles occupant des positions rigoureusement identiques. Quand le cylindre tourne, les styles établissent un contact électrique avec les feuilles métalliques sauf au point du positif où l'image développée procure un isolement : là où la lumière a eu une intensité suffisante, la pellicule est devenue insoluble, tandis qu'aux points moins profondément impressionnés la solution disparaît dans le bain et laisse la place métallique nette. On obtient donc un certain nombre de plaques possédant des zones isolatrices de dimensions différentes.

Les circuits des styles renferment les électroaimants d'un perforateur télégraphique, tel par exemple que ceux qui sont utilisés à la réception sur les circuits exploités en duplex avec les codes à cinq signaux (c'est-à-dire les codes Baudot, Murray, Western Electric, etc...). Une came montée sur un arbre, engrené sur l'axe du cylindre dans le rapport de 200 à 1, ouvre et ferme le circuit principal renfermant les électroaimants du perforateur. L'image reproduite sur cinq clichés plus ou moins poussés se trouve ainsi reproduite sous forme de cinq rangées de trous plus ou moins complètes, sur la bande télégraphique. Cette bande perforée est envoyée au bureau télégraphique de départ. Le bureau d'arrivée reçoit sur papier-bande une reproduction fidèle de la bande perforée utilisée au départ ; c'est cette deuxième bande qui est envoyée au destinataire ; celui-ci la fait dérouler dans un appareil spécial agencé de façon à laisser passer, dans les trous de la bande, la lumière qui doit impressionner une pellicule photographique. Suivant le nombre des trous, une quantité plus ou moins grande de lumière frappe la pellicule sensible, et ainsi se trouvent reproduites les teintes de l'image originale.

Le système a été essayé avec succès entre Londres et Berlin et entre Londres et Halifax (Nouvelle-Écosse). Il semble que cinq teintes soient suffisantes dans la majorité des cas pour donner une reproduction satisfaisante de l'original ; on peut toutefois en prendre davantage si la chose est jugée nécessaire.

Ce nouveau système est très intéressant en ce sens qu'il peut être

appliqué sur une ligne télégraphique ordinaire sans qu'on ait à faire subir la moindre transformation aux appareils en service sur les lignes exploitées avec un code à cinq signaux ; il peut même être employé sur les fils télégraphiques desservis au morse à condition de se servir de mots de code. Avec le code à cinq signaux, la composition des mots importe peu ; seule intervient la plus ou moins grande longueur de la bande perforée.

On pourra recourir à cette nouvelle application de la télégraphie toutes les fois que les dépenses qu'elle entraîne seront reconnues justifiées.

La structure cristalline du potassium, du beryllium, de l'oxyde de beryllium, des alliages argent-palladium et or-argent (*Bell Telephone Quarterly :* janvier 1923). — Sous ce titre, M.L.W. Mc Keehan a publié récemment une série de notes sommaires relatives à l'analyse de deux éléments, qui n'avaient pu être étudiés convenablement jusqu'ici, ainsi qu'à un oxyde qui existait à l'état d'impureté sur l'échantillon de beryllium soumis aux expériences. La structure du potassium est identique à celle du sodium (groupement cubique à cubes concentriques). Sa structure cristalline ne peut être mesurée qu'à de basses températures. Le beryllium et son oxyde ont leurs cristaux disposés comme ceux du zinc et de l'oxyde de zinc respectivement. La simplicité de la structure électronique du beryllium rend les résultats particulièrement intéressants pour ceux qui étudient les problèmes de la structure atomique des corps simples.

La troisième note est relative aux changements progressifs apportés à la structure atomique d'un métal quand un second métal, soluble en toutes proportions dans le premier, lui est ajouté. Du moins pour les alliages soumis aux essais, les changements des dimensions de l'unité de structure sont directement proportionnels à la quantité du second métal ajouté au premier. En d'autres termes, la variation de l'intervalle interatomique mesuré entre les centres de deux atomes contigus est donnée par une formule linéaire. Les alliages doués de propriétés électriques et mécaniques exceptionnelles s'écartent légèrement de cette règle. Les effets de la

trempe et du refroidissement sont très faciles à reconnaître dans certains cas.

L'extension du service téléphonique en Italie (P. E. Erikson, *Electrical communication :* novembre 1922). — En mars 1913, le parlement italien a voté une loi qui aura les plus heureuses conséquences pour le développement de la téléphonie à longue distance dans la Péninsule. Le Ministre des Postes et Télégraphes a fait préparer un projet d'installation d'un réseau de câbles téléphoniques pupinisés qui desservira les villes industrielles les plus importantes du nord de l'Italie (de la Lombardie, du Piémont et de la Ligurie). Les dépenses prévues atteindront 50 millions de lires. Les villes de Milan, Turin et Gênes étant les villes principales des provinces en question, — et celles qui en profiteront davantage —, le projet a reçu le nom de « projet du câble Milan-Turin-Gênes ». Sa longueur totale atteindra 308 kilomètres ; l'ensemble des circuits pupinisés donne une longueur de 36.200 kilomètres. Avant d'entreprendre les travaux, il a fallu l'autorisation du parlement. La loi donnant pleins pouvoirs au Ministre des Postes et Télégraphes a été votée, comme nous l'avons vu, en mars 1913.

Avant la passation des marchés, le Ministre intéressé a dû se mettre d'accord avec divers autres départements ministériels ; entre temps, la guerre éclata et les travaux restèrent en suspens.

Le projet fut repris en 1919 ; on entendait profiter alors des plus récents progrès accomplis dans le domaine de la téléphonie à longue distance. Avant 1914, on avait songé à utiliser des câbles pupinisés à conducteurs de fort diamètre ; grâce à l'emploi des répéteurs à lampes on pouvait diminuer sensiblement le calibre des fils de cuivre ; les services techniques de l'Administration italienne pensèrent, avec raison, qu'une révision du projet de 1913 s'imposait.

Mais une nouvelle difficulté se présentait : la protection du câble contre les perturbations occasionnées par les lignes d'énergie. En effet, depuis quelques années, la science hydro-électrique a été appliquée en Italie plus que dans n'importe quelle autre région de l'Europe. On a posé le long de toutes les routes de l'Italie septentrionale des lignes de transport de force, de lumière et de traction

électrique. Il importait donc de choisir un itinéraire tel que les troubles par induction fussent réduits le plus possible. La question fut étudiée en 1920; deux itinéraires ont été adoptés.

Le câble sera posé dans des conduites souterraines, pratiquement sur toute sa longueur. Les travaux sont sur le point de commencer.

INFORMATIONS ET VARIÉTÉS

Le naufrage du paquebot « Honolulu ». — On ne compte plus les services rendus par la T.S.F. à la navigation. Ceux qui lui doivent la vie sont légion. En voici une nouvelle preuve.

Le 12 octobre 1922, le paquebot « Honolulu » se trouvait en perdition à plus de 1.000 km. des côtes de Californie, avec 263 personnes à bord. Le feu s'était déclaré dans les cales et s'étendait rapidement. Le capitaine avait aussitôt fait relever exactement sa position, et le navire donnait déjà fortement de la bande lorsque fut transmis le premier « S.O.S. ».

Passagers et équipage embarquèrent au prix de grandes difficultés dans les canots de sauvetage. Le navire coulait à pic peu après.

Six heures plus tard, tous les naufragés étaient recueillis par le « West-Faralon » qui avait forcé de vitesse pour se porter à leur secours.

Comme toujours en pareil cas la conduite des opérateurs de T.S.F. a été au-dessus de tout éloge. Avec le capitaine, l'officier en second et le mécanicien principal, ils avaient quitté le bord les derniers, emportant avec eux toutes les valeurs et documents de quelque importance.

Dérangement dans un multiple, révélé par un poste radiotéléphonique. — Dans son numéro du 2 juin 1923, la revue *Telephony* reproduit la lettre suivante qu'elle a reçue du Chef du Central téléphonique de Fredonia (Kansas) : « Il me semble intéressant de signaler de quelle manière inattendue j'ai récemment découvert un défaut dans notre tableau de commutation.

« Dans la salle des opératrices, il existe un poste radio distant du meuble de 12 mètres environ. Me trouvant en écoute, je perçus dans le récepteur radiotéléphonique un ronflement inusité qui

ressemblait à des appels par magnéto. C'était l'indice certain qu'il y avait quelque chose de défectueux dans le multiple. En effet, après quelques essais, je constatai un défaut d'isolement sur l'une des clés d'appel du tableau. Le dérangement fut aussitôt relevé, avant qu'une interruption de service ait pu se produire. »

Applications de l'effet piézoélectrique. — On sait en quoi consiste le phénomène d'attraction électrique signalé jadis par Edison et que les ingénieurs danois Johnsen et Rahbek se sont efforcés d'utiliser (1). Si, par exemple, on applique une différence de potentiel de 440 volts entre une feuille de laiton de 22 cmq posée sur une pierre lithographique de 20 mm. d'épaisseur, et une électrode métallique placée sur la face postérieure de la pierre, il faudra, pour arracher celle-ci exercer une traction de 750 à 1.000 grammes.

Le seul fait qu'avec un courant faible et une tension convenable il est possible de produire ou de commander des forces mécaniques importantes devait donner l'idée d'utiliser pratiquement le phénomène. On y est parvenu : l'effet piézoélectrique a déjà été employé pour exciter un relais, pour faire fonctionner un récepteur morse et un enregistreur de signaux radiotélégraphiques.

Facilités dont peuvent profiter les abonnés au téléphone en Suisse. — A l'occasion de la Foire aux Échantillons qui s'est tenue à Bâle du 14 au 24 avril 1923, l'Administration des Téléphones a fait distribuer aux nombreux visiteurs une brochure instructive qui renferme des renseignements sur les conditions d'abonnement, plusieurs graphiques relatifs au développement de la téléphonie en Suisse ainsi que d'intéressantes données sur certains services spéciaux très appréciés de la clientèle et constituant une source de revenus non négligeables. Voici en quoi consistent ces commodités :

Les centraux téléphoniques donnent, sur demande et moyennant payement d'une taxe minime, toutes sortes de renseignements, à condition toutefois que le service le leur permette.

---

(1) *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, n° 1, janvier 1922.

1. Ils communiquent, par exemple, le résultat des élections fédérales, cantonales ou communales.

2. Ils font connaître si une fête, un cortège, une manifestation sportive, etc... ont lieu ou non ; ils renseignent sur la mise en marche des trains spéciaux les dimanches et jours de fête, sur le temps qu'il fait en certains endroits d'où l'on jouit d'une belle vue (comme au Salève, au mont Pélerin, à l'Uetliberg), sur les dérangements importants qui affectent le réseau d'éclairage électrique, etc...

En vue de prévenir de regrettables abus et pour empêcher que de faux renseignements soient donnés au public, les communications à faire à la surveillante ou à l'opératrice de service doivent être données à partir d'un poste téléphonique bien déterminé (poste d'un membre du Comité des fêtes, poste du local de réunion, de la Direction de l'exploitation du chemin de fer ou de l'usine électrique, suivant le cas).

3. Ils communiquent l'adresse du médecin le plus proche, de la pharmacie la plus voisine ouverte la nuit ou le dimanche, etc...

4. Ils indiquent l'heure exacte à n'importe quel moment de la journée ou au moment (10 h. 30) où le signal horaire est reçu de Paris par T.S.F.

L'Administration, il est vrai, n'accepte aucune espèce de responsabilité pour les omissions et les erreurs qui pourraient se produire dans le service des renseignements ; elle veille toutefois à ce que les renseignements demandés soient transmis correctement.

La transmission des renseignements donne lieu à la perception des taxes suivantes :

1° dans le service local : 10 centimes pour la communication et 10 centimes pour le renseignement ;

2° dans le service interurbain : la taxe afférente à la communication interurbaine.

Moyennant payement d'une taxe modique, tout abonné suisse peut demander :

1° que le bureau central l'appelle à une heure fixée d'avance, soit pendant la nuit soit le matin de bonne heure. Cet avantage n'est attaché qu'aux seuls bureaux à service permanent;

2° que le central lui communique à son retour l'adresse des personnes qui l'ont appelé par téléphone pendant son absence;

3° que les abonnés qui l'appelleront soient reliés avec le service de surveillance, qui se chargera de lui faire telle ou telle communication comme par exemple :

a) le bureau de l'abonné X est fermé jusqu'à demain pour cause de nettoyage ;

b) l'abonné Y est momentanément absent ; il sera de retour à 16 heures ;

c) M. Z n'est pas chez lui ; il assiste à une séance ;

d) un membre de la famille Nicole est gravement malade (ou est décédé) ; on est prié de ne pas téléphoner ;

4° que les appels destinés à son poste soient dirigés sur le poste d'un autre abonné (1).

Enfin, un médecin peut donner au central l'ordre de diriger les appels à lui destinés sur le poste d'un confrère qui le remplace durant son absence. Un commerçant qui quitte son bureau peut demander que les appels soient acheminés sur son domicile particulier.

Les taxes sont, en règle générale, les suivantes :

10 centimes pour la communication (transmission de l'ordre) ;

20 centimes pour l'exécution de l'ordre.

Service météorologique. — A la demande des milieux agricoles et sportifs, de nombreux touristes et des propriétaires des hôtels de montagne, l'administration des télégraphes et des téléphones a décidé d'organiser, d'accord avec la Station centrale de météorologie à Zurich, un service météorologique spécial qui permet à n'importe qui de se renseigner à partir de midi et de 18 heures sur les *prévisions du temps* du lendemain. Il y a deux sortes de taxes : les taxes pour demandes isolées et les taxes d'abonnement.

a) Les premières sont fixées comme suit :

dans le service local : 10 centimes pour la communication et 10 centimes pour le renseignement ;

dans le service interurbain : taxe afférente à la communication interurbaine.

(1) Le service des abonnés absents existe en France. Voy. *Ann. des P.T.T.* 1922-I (11e année).



b) Les secondes varient suivant que les bulletins météorologiques sont remis aux intéressés par le bureau télégraphique ou sont téléphonés par le central téléphonique auquel leur poste est rattaché. Il est interdit aux intéressés de communiquer le bulletin à des tiers moyennant rémunération.

L'administration n'accepte aucune responsabilité pour les erreurs que les bulletins pourraient contenir ou qui pourraient se produire lors de leur transmission.

Utilité du condensateur dans un circuit d'abonné à batterie centrale. — *L'Electrician* du 15 septembre 1922 publie un article de M. Chapple qui décrit les expériences faites sur un appareil standard d'abonné à batterie centrale en intercalant une bobine d'induction et un condensateur dans le circuit du récepteur. Il indique les valeurs des inductances et résistances du récepteur et de la bobine d'induction pour des fréquences comprises entre 400 et 1.980 périodes, ainsi que les valeurs relatives au circuit extérieur, central téléphonique et poste de l'abonné compris. M. Chapple montre qu'on peut considérer le microphone comme la source d'une force électromotrice alternative ; il calcule le courant appliqué au circuit extérieur avec et sans le condensateur et trouve que le courant est réduit dans le rapport de 1 à 5 lorsque le condensateur est supprimé. Enfin, il décrit plusieurs expériences qui sont venues confirmer les résultats des calculs.

Développement considérable de la téléphonie automatique en Allemagne. — Dans les seuls mois de mai et juin 1923, l'Administration allemande des télégraphes a ouvert au service les centraux automatiques ci-après :

Un nouveau central à Aix-la-Chapelle (capacité : 6.000 lignes d'abonnés) ; un central téléphonique principal à Leipzig (capacité : 20.000 lignes) ; un central automatique à Dessau (capacité : 2.000 lignes). Leipzig possède déjà un bureau central secondaire et cinq bureaux auxilliaires équipés en automatique, de sorte que le réseau urbain de cette ville est prêt à fonctionner automatiquement. D'autre part, on y construit actuellement un central interurbain moderne sur l'emplacement de l'ancien central urbain.

Réception de postes d'amateurs à grande distance. — Les stations émettrices d'amateurs ci-après ont été régulièrement entendues durant les mois d'août et de septembre par le poste 8 DA situé à Marseille.

Voici la liste des stations françaises entendues :

8 AS, 8 BA, 8 BE, 8 BF, 8 BM, 8 BN, 8 BT, 8 BV, 8 BW, 8 CD, 8 CF, 8 CK, 8 CM, 8 CS.

Le même poste de Marseille a entendu les stations anglaises suivantes :

2 AW, 2 MN, 2 NA, 2 NM, 2 OD, 2 OM, 2 SZ, 2 WA, 2 CX.

BIBLIOGRAPHIE

Données numériques d'électricité, magnétisme et électrochimie, rédigées par MM. Boll (Paris) ; G.I. Higson (Londres) ; M. Malapert (Paris) ; R.E. Slade (Londres) ; G.V. Weisse (Lausanne). — Préface du Dr F.B. Jewett, Vice-président de la « Western Electric C° » (New York). — Paris, C. Marie, Secrétaire général, 9, rue de Bagneux VIe. 1 vol. in-quarto contenant 114 pages de tableaux numériques. Prix : broché, 30 fr. ; cartonné, 40 fr.

Ce volume constitue un tirage à part du volume IV des Tables annuelles de Constantes et Données numériques de Chimie, de Physique et de Technologie. Il contient les Constantes et Données numériques relatives à l'Électricité, au Magnétisme et à l'Électrochimie, parues dans les années 1913 à 1916 inclus.

L'importance de ce fascicule montre le développement des recherches dans ce domaine. Le lecteur y trouvera tous les documents numériques parus dans les périodiques scientifiques et techniques du monde entier.

Les phénomènes photo-électriques, thermo-ioniques, la superconductibilité, qui excitèrent vivement l'intérêt de 1913 à 1916, sont représentés par un grand nombre de mesures. Les nombreuses déterminations de susceptibilités magnétiques reflètent l'intérêt qui s'attache à la théorie du paramagnétisme, et les innombrables données, publiées sur la thermo-électricité et les effets galvanomagnétiques, témoignent du vif intérêt de ces questions dont l'importance croît de jour en jour.

Pour faciliter la diffusion de cette documentation dans tous les milieux, le Comité de publication des Tables annuelles a décidé la publication sous cette forme de fascicules séparés, et il est certain que cette initiative sera hautement appréciée par les savants et les techniciens en faveur desquels elle a été prise.

The Yearbook of Wireless Telegraphy and Telephony, publié par *The Wireless Press Ltd.*, 12/13 Henrietta street, Strand, London W.C.2.-1 vol. de 1.800 pages avec de nombreuses figures et 56 cartes. Prix : 15 shillings, port non compris.

Tenant compte des progrès réalisés en 1922 dans les diverses branches de la science des communications sans fil, la *Wireless Press* a largement remanié et complété l'Annuaire de la télégraphie et de la téléphonie sans fil, mais en lui laissant ses caractéristiques essentielles.

Les cartes en couleur indiquent les nom et emplacement des stations radiotélégraphiques, radiotéléphoniques et radiogoniométriques ainsi que la nature des services qu'elles ont à assurer.

Il faut signaler d'intéressants articles se rapportant : aux progrès récents de la T.S.F. à grande distance ; aux types perfectionnés d'antennes ; à la fabrication des lampes à vide ; aux antennes multiples des puissantes stations émettrices ; aux brevets relatifs aux lampes à vide accordés en 1922 ; aux règlements édictés sur la radiotélégraphie, la téléphonie sans fil, la radiogoniométrie dans les services aéronautiques.

En outre, l'Annuaire renferme une foule de renseignements d'une incontestable valeur et qu'on ne trouve dans aucun autre ouvrage.

Les transformateurs, par P. Brunet, E.P.C.I., Ingénieur-conseil. 1 vol. in-8° de 632 pages avec 456 figures. J.-B. Baillière et fils, éditeurs, 19, rue Hautefeuille, Paris (VIe). Prix : 55 francs.

Éléments de la théorie électro-magnétique de la lumière, par L. Silberstein, ancien professeur de Physique mathématique à l'Université de Rome. Paris, Gauthier-Villars et Cie ; 1 vol. in-8° couronne de 94 pages. — Prix : 6 francs.

Sur la théorie des surfaces portantes, par Maurice Roy, Ingénieur au Corps des Mines. Paris, Gauthier-Villars et Cie ; 1 vol. in-8° écu de 132 pages, avec 59 figures. — Prix : 12 francs.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS
D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE.
3 RUE THÉNARD. PARIS. Ve

Prix de l'Abonnement annuel : France .... 30 francs ; Etranger .... 34 francs

12e ANNÉE. — N° 11. NOVEMBRE 1923. PRIX : 3 fr.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS
D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE.
3 RUE THÉNARD. PARIS. Ve

Prix de l'Abonnement annuel : France .... 30 francs ; Etranger .... 34 francs.

COMMISSION DES ANNALES
DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une Commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes.*

Cette Commission se réunit à l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VIIe.

NOTA : La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

Théorie et construction des appareils récepteurs
DE LA TÉLÉPHONIE SANS FIL

POUR TOUTES ONDES ET SPÉCIALEMENT POUR L'ONDE DE 450 MÈTRES

Par M. VEAUX,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

INTRODUCTION

La théorie des phénomènes mis en jeu en téléphonie sans fil est nécessaire à celui qui désire construire ; par contre, la théorie perd beaucoup de son utilité si elle reste sans application pratique. A partir de ce jour, les *Annales des Postes et Télégraphes* publieront une suite d'articles simples, bien que possédant une forme scientifique, et comportant un exposé du problème de la réception de la téléphonie sans fil et du fonctionnement des appareils d'une part, d'autre part, des détails précis et complets permettant à toute personne de construire, avec des matériaux peu coûteux et faciles à trouver, le poste qui lui convient, selon qu'elle habite près du poste d'émission ou à grande distance, suivant qu'elle se contente d'une écoute au casque ou qu'elle désire une audition en haut parleur.

Le premier chapitre traitera brièvement dans son ensemble le problème de la réception de la téléphonie sans fil : seuls seront examinés les points principaux utilisables à tout moment.

L'étude des éléments constitutifs d'un poste récepteur fera l'objet du deuxième chapitre. Dans un troisième chapitre nous examinerons comment doivent être adaptés les appareils étudiés dans le deuxième chapitre pour obtenir avec un appareil à galène sans amplificateur, une réception aussi bonne que possible.

Nous aborderons ensuite la construction des appareils à lampes dont nous expliquerons le fonctionnement.

Le cinquième chapitre s'occupera des appareils émetteurs de téléphonie sans fil pour les ondes permises aux amateurs.

Enfin dans un dernier chapitre nous étudierons la construction et l'utilisation d'appareils simples de mesure, indispensables pour abréger les tâtonnements auxquels donne lieu, par exemple, l'adaptation d'appareils récepteurs sur des antennes de caractéristiques inconnues.

En définitive cette étude comporte dans son ensemble cinq chapitres :

1° Généralités sur la réception de la téléphonie sans fil ;

2° Etude des organes constitutifs d'un poste récepteur ;

3° Construction des appareils à galène ;

4° Construction des récepteurs à lampes ;

5° Postes émetteurs de téléphonie et télégraphie sans fil ;

6° Construction et utilisation d'appareils simples de mesure en téléphonie sans fil.

Bien que nous ayons en vue la réception des ondes de 450 mètres, nous indiquerons toujours les modifications qui doivent être apportées à l'appareil en jeu pour le rendre susceptible de recevoir tout autre poste de téléphonie ou même de télégraphie sans fil.

Dans les divers chapitres nous chercherons à graduer les difficultés théoriques et pratiques; partant des appareils les plus simples nous terminons par l'étude des systèmes nouveaux généralement peu volumineux, mais d'une utilisation plus délicate.

I. — GÉNÉRALITÉS SUR LA RÉCEPTION DE LA TÉLÉPHONIE SANS FIL

Sommaire. — Action à distance produite par un poste d'émission.

Poste de réception. — Organe capteur d'énergie : antenne ou cadre. Syntonie entre le poste d'émission et le poste de réception.

Sélection obtenue grâce à l'accord entre le poste d'émission et de réception.

Distribution du courant le long de l'antenne de réception.

Distribution du potentiel le long de l'antenne de réception.

Principe de la réception de la téléphonie sans fil au moyen de l'ensemble détecteur à cristal téléphone.

Rendement d'un ensemble récepteur.

Constitution d'un poste de réception.

Nous réduirons au minimum ces généralités, le lecteur étant prié de se reporter aux multiples articles publiés à ce sujet dans les *Annales*.

Action à distance produite par un poste d'émission. — L'antenne du poste d'émission rayonne dans toutes les directions l'énergie qui se propage par ondes à une vitesse voisine de 300.000 km. à la seconde ; les ondes parties de E (fig. 1) arrivent

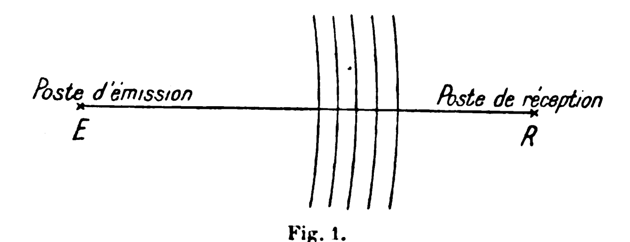


Fig. 1.

en un temps très court en un point R ; au fur et à mesure qu'elles passent au point R en s'éloignant de E elles donnent naissance à un champ électromagnétique alternatif, juxtaposition d'un champ électrique vertical et d'un champ magnétique horizontal ; ce champ électromagnétique est d'autant plus grand que l'on se trouve plus près d'un poste d'émission, et que la puissance émise est plus grande ; celle-ci augmente si l'on développe d'une manière convenable les dimensions de l'antenne d'émission et l'intensité du courant à base de cette antenne. D'une manière

plus précise la valeur efficace du champ électrique est donnée par l'expression :

$$E \text{ volts cent.} = 120\,\pi\,\frac{h\,I_{eff}}{\lambda\,r}$$

où :

I_{eff} est l'intensité en ampères dans l'antenne d'émission,

h en centimètres la hauteur effective de l'antenne d'émission,

r la distance en centimètres entre le poste d'émission et de réception,

λ en centimètres la longueur d'onde de l'émission.

Poste de réception. — Organe capteur d'énergie. — Antenne ou cadre. — Ainsi donc le poste d'émission produit au point R une certaine action caractérisée par l'existence d'un champ électromagnétique. Nos sens ne peuvent percevoir l'existence de ce champ ou le passage des ondes : le problème de la réception consiste à transformer une énergie électrique en énergie mécanique susceptible d'impressionner nos sens. Cette transformation est obtenue à la suite d'un certain nombre d'opérations que nous allons indiquer.

Le poste de réception doit, avant tout, posséder un organe capteur d'énergie constitué soit par une *antenne*, soit par un *cadre* ; cet organe aspire une petite quantité de l'énergie transportée par les ondes qui passent en R venant de E ; le premier problème qui se pose est le suivant : quelles formes faut-il donner à l'antenne ou au cadre pour leur permettre de capter une énergie convenable ? Ce problème fera l'objet d'un paragraphe spécial : nous voulons insister seulement sur un point extrêmement important.

Syntonie entre le poste d'émission et de réception. — L'émission a lieu sur une longueur d'onde bien déterminée de 450 mètres par exemple. Supposons l'antenne *construite* convenablement (fig. 2) comme nous l'indiquerons plus loin ; sa longueur d'onde doit être inférieure à 450 mètres ; soit 120 mètres sa valeur (1). Si l'on dispose à la base A une bobine de self S (fig. 3), la longueur d'onde de l'ensemble, antenne et bobine de

self est supérieure à celle de l'antenne seule et d'autant plus que la self est plus grande ; il existe une valeur de self pour laquelle

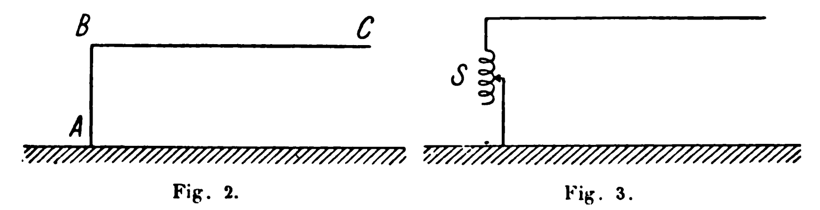


Fig. 2. Fig. 3.

l'ensemble possède une longueur d'onde égale à celle de l'émission ; à ce moment la puissance absorbée par l'antenne aux ondes est maxima, on dit qu'il y a *résonance* ou que le poste ese *en syntonie* avec le poste d'émission.

Un condensateur C en série dans l'antenne produit un effet inverse ; la longueur d'onde de l'ensemble représenté par la figure 4 est inférieure à celle de l'antenne seule (fig. 2) ; la diffé-

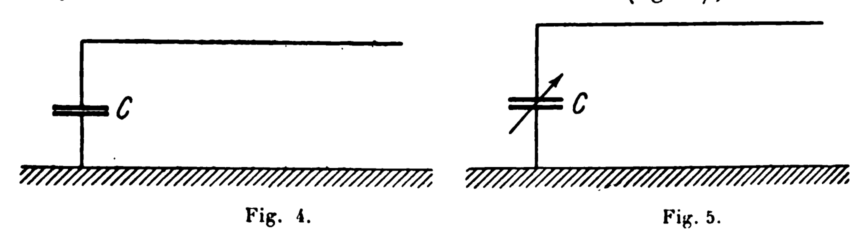


Fig. 4. Fig. 5.

rence est d'autant plus grande que la capacité C est *plus petite*; pour une très forte valeur de capacité (2), les armatures sont très rapprochées (fig. 5) et tout se passe comme si le condensateur n'existait pas : la longueur d'onde propre de l'ensemble est sensiblement la même que celle de l'antenne seule, soit 120 mètres ; si l'on diminue la valeur de la capacité en écartant les armatures,

---

(1) Antenne constituée par un fil de 30 mètres de long environ (figure 2 A B + B C = 30 m.).

(2) La capacité d'un condensateur a pour valeur :

$$C_{\text{microfarard}} = \frac{1}{9 \times 10^5} \times \frac{K\, S^{cm2}}{4 \pi e^{cm}}$$

S = surface d'une armature. e = distance des deux armatures.

K = pouvoir inducteur spécifique du diélectrique qui sépare les armatures. Si e est très petit, la capacité est très grande.

la longueur d'onde diminue pour atteindre une valeur égale à $\frac{120}{2}$ soit 60 mètres pour une capacité nulle ; l'adjonction d'une capacité à la base d'une antenne permet de *diminuer au maximum de moitié*, la longueur d'onde de cette antenne.

Si l'on désire recevoir le poste d'émission travaillant sur 450 mètres avec une antenne unifilaire de 150 mètres et 600 mètres environ de longueur d'onde, il suffit d'intercaler à la base une capacité convenable en série pour établir la syntonie.

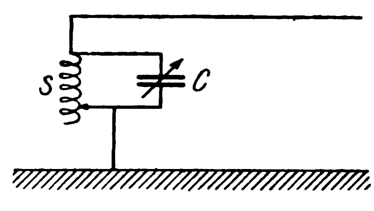


Fig. 6.

Enfin un condensateur C (fig. 6) branché aux bornes d'une self S produit une augmentation de longueur d'onde ; l'ensemble représenté par la figure 6 possède une longueur d'onde propre supérieure à celle de l'ensemble de la figure 3 (la bobine de self étant la même).

Sélection obtenue grâce à l'accord entre le poste d'émission et de réception. — Généralement plusieurs postes travaillent simultanément sur des longueurs d'onde différentes ; chacun d'eux produit des ondes qui atteignent l'antenne du poste de réception et induisent dans celle-ci des courants de fréquence différente ; l'utilisation de la résonance permet de renforcer l'action de l'une des émissions et par conséquent de sélectionner l'une de celles-ci ; la self ou le condensateur à la base de l'antenne permettent de s'accorder successivement sur les divers postes. L'espace est ainsi parcouru par des ondes qui se propagent dans diverses directions à une vitesse considérable. L'accord sur la longueur d'onde de l'une d'entre elles permet d'éliminer dans une forte mesure toutes les autres.

Distribution du courant le long de l'antenne de réception. — La valeur efficace du courant le long d'une antenne de réception

n'est pas la même en tous ses points ; aux extrémités isolées le courant est nul ; à la prise de terre, le courant possède généralement sa valeur maxima. La distribution du courant le long de l'antenne dépend de la constitution de cette antenne, et particulièrement des appareils, self ou capacité, insérés à la base.

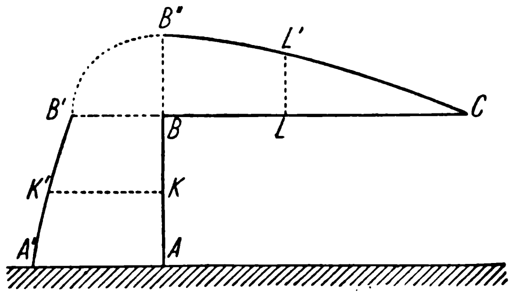


Fig. 7.

Dans une antenne de 450 mètres de longueur d'onde propre (fig. 7) constituée par un fil de $\frac{450}{4} = 112,50$ mètres de longueur environ

$$(AB + BC = 112 \text{ m. } 50)$$

le courant est distribué comme indiqué (1): sa valeur maxima à la base est égale à AA′ ; en un point K de la montée, elle est représentée par KK′, en un point L par LL′ ; un ampèremètre thermique branché aux divers points A K B L marquerait une intensité décroissante de A en C.

Si l'on considère l'antenne de la figure 3 accordée sur 450 mètres grâce à la self S, l'intensité décroît de A en C suivant une droite (figure 8) ; au point K au milieu du fil (AB + BC) de longueur égale à 30 mètres, l'intensité est $KK' = \frac{\quad}{2}$; AA′ représentant l'intensité à la base, si un ampèremètre marque 30 microampères en A, il ne marque plus que 15 microampères en K.

(1) Cela signifie que si un poste d'émission travaille sur 450 mètres, le courant qu'il produit dans l'antenne représenté par la figure 7 est distribué comme l'indique cette figure.

COMMISSION DES ANNALES

DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une Commission dite Commission des *Annales des Postes et Télégraphes*.

Cette Commission se réunit à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VIIe.

Membres de la Commission.

M. [illegible], Inspecteur Général, Directeur de l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, Président.

M. A. [illegible], Membre de l'Institut, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

Le Général [illegible], Membre de l'Institut, Inspecteur Général de la Télégraphie Militaire, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. [illegible], Professeur à la Sorbonne, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. [illegible], Professeur à la Faculté des sciences de Nancy, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

Les Directeurs du Personnel, de l'Exploitation Télégraphique et de l'Exploitation Postale à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. [illegible], Professeur à l'École Supérieure, Directeur de l'Exploitation Téléphonique.

M. [illegible], Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

M. [illegible], Professeur à l'École Supérieure, Directeur des Postes et Télégraphes du département de la Seine.

M. [illegible], Ingénieur en Chef des Postes et Télégraphes.

M. [illegible], Directeur des Postes et Télégraphes.

M. [illegible], Chef de bureau à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

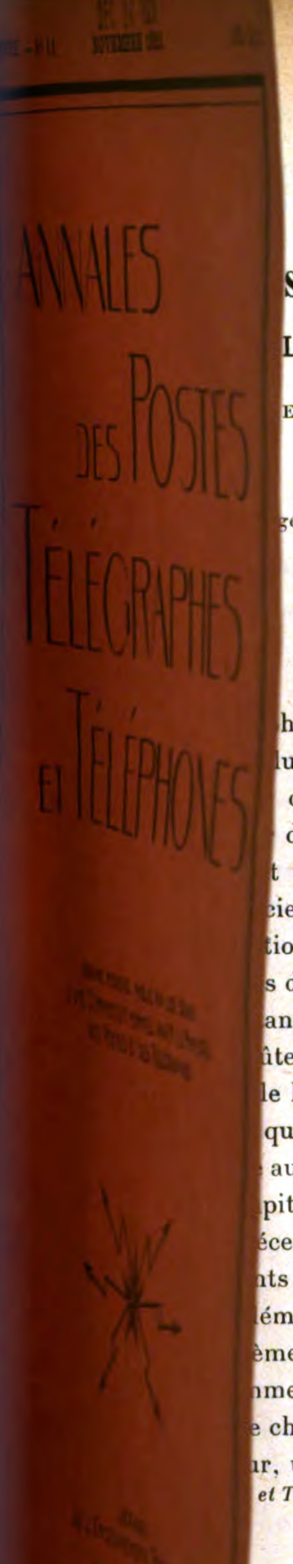
M. [illegible], Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur des Postes et Télégraphes.

M. [illegible], Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur des Postes et Télégraphes.

MM. [illegible], Directeur des Postes et Télégraphes; [illegible], Inspecteur des Postes et Télégraphes, et [illegible], Contrôleur des Postes et Télégraphes, Secrétaires.

M. [illegible], Rédacteur des Postes et Télégraphes, Secrétaire adjoint.

NOTA : La Commission des *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.



struction des appareils récepteurs

LA TÉLÉPHONIE SANS FIL

ET SPÉCIALEMENT POUR L'ONDE DE 450 MÈTRES

Par M. VEAUX,
génieur des Postes et Télégraphes.

INTRODUCTION

hénomènes mis en jeu en téléphonie sans fil
lui qui désire construire ; par contre, la théo-
de son utilité si elle reste sans application
de ce jour, les *Annales des Postes et Télé-*
t une suite d'articles simples, bien que possé-
cientifique, et comportant un exposé du pro-
tion de la téléphonie sans fil et du fonctionne-
s d'une part, d'autre part, des détails précis et
ant à toute personne de construire, avec des
ûteux et faciles à trouver, le poste qui lui con-
le habite près du poste d'émission ou à grande
qu'elle se contente d'une écoute au casque ou
audition en haut parleur.

pitre traitera brièvement dans son ensemble le
éception de la téléphonie sans fil : seuls seront
nts principaux utilisables à tout moment.

éments constitutifs d'un poste récepteur fera
ème chapitre. Dans un troisième chapitre nous
mment doivent être adaptés les appareils étudiés
e chapitre pour obtenir avec un appareil à galène
ur, une réception aussi bonne que possible.

BIBLIOGRAPHIE

Données numériques d'électricité, magnétisme et électrochimie, rédigées par MM. Boll (Paris) ; G.I. Higson (Londres) ; M. Malapert (Paris) ; R.E. Slade (Londres) ; G.V. Weisse (Lausanne). — Préface du Dr F.B. Jewett, Vice-président de la « Western Electric C° » (New York). — Paris, C. Marie, Secrétaire général, 9, rue de Bagneux VI°. 1 vol. in-quarto contenant 114 pages de tableaux numériques. Prix : broché, 30 fr. ; cartonné, 40 fr.

Ce volume constitue un tirage à part du volume IV des Tables annuelles de Constantes et Données numériques de Chimie, de Physique et de Technologie. Il contient les Constantes et Données numériques relatives à l'Électricité, au Magnétisme et à l'Électrochimie, parues dans les années 1913 à 1916 inclus.

L'importance de ce fascicule montre le développement des recherches dans ce domaine. Le lecteur y trouvera tous les documents numériques parus dans les périodiques scientifiques et techniques du monde entier.

Les phénomènes photo-électriques, thermo-ioniques, la superconductibilité, qui excitèrent vivement l'intérêt de 1913 à 1916, sont représentés par un grand nombre de mesures. Les nombreuses déterminations de susceptibilités magnétiques reflètent l'intérêt qui s'attache à la théorie du paramagnétisme, et les innombrables données, publiées sur la thermo-électricité et les effets galvano-magnétiques, témoignent du vif intérêt de ces questions dont l'importance croît de jour en jour.

Pour faciliter la diffusion de cette documentation dans tous les milieux, le Comité de publication des Tables annuelles a décidé la publication sous cette forme de fascicules séparés, et il est certain que cette initiative sera hautement appréciée par les savants et les techniciens en faveur desquels elle a été prise.

The Yearbook of Wireless Telegraphy and Telephony, publié par *The Wireless Press Ltd.*, 12/13 Henrietta street, Strand, London W.C.2.-1 vol. de 1.800 pages avec de nombreuses figures et 56 cartes. Prix : 15 shillings, port non compris.

Tenant compte des progrès réalisés en 1922 dans les diverses branches de la science des communications sans fil, la *Wireless Press* a largement remanié et complété l'Annuaire de la télégraphie et de la téléphonie sans fil, mais en lui laissant ses caractéristiques essentielles.

Les cartes en couleur indiquent les nom et emplacement des stations radiotélégraphiques, radiotéléphoniques et radiogoniométriques ainsi que la nature des services qu'elles ont à assurer.

Il faut signaler d'intéressants articles se rapportant : aux progrès récents de la T.S.F. à grande distance ; aux types perfectionnés d'antennes ; à la fabrication des lampes à vide ; aux antennes multiples des puissantes stations émettrices ; aux brevets relatifs aux lampes à vide accordés en 1922 ; aux règlements édictés sur la radiotélégraphie, la téléphonie sans fil, la radiogoniométrie dans les services aéronautiques.

En outre, l'Annuaire renferme une foule de renseignements d'une incontestable valeur et qu'on ne trouve dans aucun autre ouvrage.

Les transformateurs, par P. Brunet, E.P.C.I., Ingénieur-conseil. 1 vol. in-8° de 632 pages avec 456 figures. J.-B. Baillière et fils, éditeurs, 19, rue Hautefeuille, Paris (VIe). Prix : 55 francs.

Éléments de la théorie électro-magnétique de la lumière, par L. Silberstein, ancien professeur de Physique mathématique à l'Université de Rome. Paris, Gauthier-Villars et Cie ; 1 vol. in-8° couronne de 94 pages. — Prix : 6 francs.

Sur la théorie des surfaces portantes, par Maurice Roy, Ingénieur au Corps des Mines. Paris, Gauthier-Villars et Cie ; 1 vol. in-8° écu de 132 pages, avec 59 figures. — Prix : 12 francs.



La technique industrielle des parfums synthétiques, par R. Sornet, Ingénieur-chimiste. Préface de M. Marcel Delépine, Professeur à la Faculté de Pharmacie de Paris. Paris, Gauthier-Villars et Cie; 1 vol. in-8° carré de 136 pages. — Prix : 10 francs.

La mécanique psychique, par J.-W. Crawford, Professeur à l'Université de Belfast. Paris, Payot, 106, boulevard Saint-Germain ; 1 vol. in-8° écu, avec 12 figures. — Prix : 7 fr. 50.

Histoire des corporations de métiers depuis leurs origines jusqu'à leur suppression en 1791, suivie d'une étude sur l'*Évolution de l'Idée corporative* de 1791 à nos jours et sur le mouvement syndical contemporain, par M. E. Martin-Saint-Léon, Conservateur de la Bibliothèque du Musée social. Paris, Félix Alcan ; 1 vol. gr. in-8° de 876 pages. — Prix : 30 francs.

Méthodes de calcul différentiel absolu et leurs applications, par MM. Ricci et Levi-Civita. Paris, Albert Blanchard, 3, Place de la Sorbonne ; 1 vol. gr. in-8° de 201 pages. — Prix : 9 francs.

La constitution de l'atome et les raies spectrales, par A. Sommerfeld, Professeur à l'Université de Munich (traduit par H. Bellenot). Paris, Albert Blanchard ; 2 vol. gr. in-8° de 384 et 360 pages, avec 81 et 40 figures. — Prix : premier fascicule : 25 fr.; deuxième fascicule : 30 francs.

Les forces de Valence et les spectres de Roentgen, par W. Kossel, Professeur à l'Université de Kiel (traduit par M. Golay). Paris, Albert Blanchard ; 1 vol. gr. in-8° de 70 pages avec 11 figures. — Prix : 4 fr. 50.

La constitution de la matière, par Max Born, Professeur à l'Université de Francfort (traduit par H. Bellenot). Paris, Albert Blanchard ; 1 vol. gr. in-8° de 84 pages, avec 5 figures. — Prix : 6 francs.

Temps, espace, matière, par H. Weyl, Professeur à l'École polytechnique de Zurich. *Leçons sur la théorie de la relativité générale*, traduites par MM. G. Juvet et R. Leroy. Paris, Albert Blanchard ; 1 vol. gr. in-8° de 290 pages, avec 15 figures. — Prix : 20 francs.

Introduction au calcul tensoriel et au calcul différentiel absolu, par G. Juvet, Professeur à l'Université de Neuchâtel. Paris, Albert Blanchard ; 1 vol. gr. in-8° de 101 pages. — Prix : 12 francs.

Le Gérant,
Léon EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS.

12e ANNÉE. — No 11. NOVEMBRE 1923. PRIX : 3 fr.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE.
3 RUE THÉNARD, PARIS, Ve

Prix de l'Abonnement annuel : France .... 30 francs ; Etranger .... 34 francs.

COMMISSION DES ANNALES

DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une Commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes.*

Cette Commission se réunit à l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VIIe.

Membres de la Commission :

NOTA : La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

Théorie et construction des appareils récepteurs
DE LA TÉLÉPHONIE SANS FIL

POUR TOUTES ONDES ET SPÉCIALEMENT POUR L'ONDE DE 450 MÈTRES

Par M. VEAUX,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

INTRODUCTION

La théorie des phénomènes mis en jeu en téléphonie sans fil est nécessaire à celui qui désire construire ; par contre, la théorie perd beaucoup de son utilité si elle reste sans application pratique. A partir de ce jour, les *Annales des Postes et Télégraphes* publieront une suite d'articles simples, bien que possédant une forme scientifique, et comportant un exposé du problème de la réception de la téléphonie sans fil et du fonctionnement des appareils d'une part, d'autre part, des détails précis et complets permettant à toute personne de construire, avec des matériaux peu coûteux et faciles à trouver, le poste qui lui convient, selon qu'elle habite près du poste d'émission ou à grande distance, suivant qu'elle se contente d'une écoute au casque ou qu'elle désire une audition en haut parleur.

Le premier chapitre traitera brièvement dans son ensemble le problème de la réception de la téléphonie sans fil : seuls seront examinés les points principaux utilisables à tout moment.

L'étude des éléments constitutifs d'un poste récepteur fera l'objet du deuxième chapitre. Dans un troisième chapitre nous examinerons comment doivent être adaptés les appareils étudiés dans le deuxième chapitre pour obtenir avec un appareil à galène sans amplificateur, une réception aussi bonne que possible.

Nous aborderons ensuite la construction des appareils à lampes dont nous expliquerons le fonctionnement.

Le cinquième chapitre s'occupera des appareils émetteurs de téléphonie sans fil pour les ondes permises aux amateurs.

Enfin dans un dernier chapitre nous étudierons la construction et l'utilisation d'appareils simples de mesure, indispensables pour abréger les tâtonnements auxquels donne lieu, par exemple, l'adaptation d'appareils récepteurs sur des antennes de caractéristiques inconnues.

En définitive cette étude comporte dans son ensemble cinq chapitres :

1° Généralités sur la réception de la téléphonie sans fil ;

2° Etude des organes constitutifs d'un poste récepteur ;

3° Construction des appareils à galène ;

4° Construction des récepteurs à lampes ;

5° Postes émetteurs de téléphonie et télégraphie sans fil ;

6° Construction et utilisation d'appareils simples de mesure en téléphonie sans fil.

Bien que nous ayons en vue la réception des ondes de 450 mètres, nous indiquerons toujours les modifications qui doivent être apportées à l'appareil en jeu pour le rendre susceptible de recevoir tout autre poste de téléphonie ou même de télégraphie sans fil.

Dans les divers chapitres nous chercherons à graduer les difficultés théoriques et pratiques; partant des appareils les plus simples nous terminons par l'étude des systèmes nouveaux généralement peu volumineux, mais d'une utilisation plus délicate.

I. — GÉNÉRALITÉS SUR LA RÉCEPTION DE LA TÉLÉPHONIE SANS FIL

Sommaire. — Action à distance produite par un poste d'émission.

Poste de réception. — Organe capteur d'énergie : antenne ou cadre. Syntonie entre le poste d'émission et le poste de réception.

Sélection obtenue grâce à l'accord entre le poste d'émission et de réception.

Distribution du courant le long de l'antenne de réception.

Distribution du potentiel le long de l'antenne de réception.

Principe de la réception de la téléphonie sans fil au moyen de l'ensemble détecteur à cristal téléphone.

Rendement d'un ensemble récepteur.

Constitution d'un poste de réception.

Nous réduirons au minimum ces généralités, le lecteur étant prié de se reporter aux multiples articles publiés à ce sujet dans les *Annales*.

Action à distance produite par un poste d'émission. — L'antenne du poste d'émission rayonne dans toutes les directions l'énergie qui se propage par ondes à une vitesse voisine de 300.000 km. à la seconde ; les ondes parties de E (fig. 1) arrivent

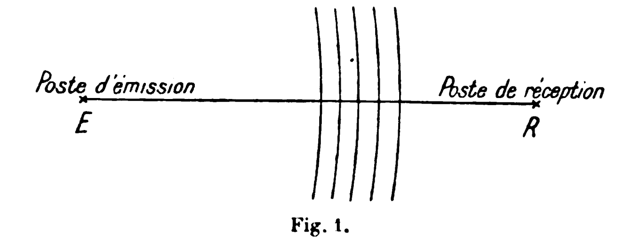


Fig. 1.

en un temps très court en un point R ; au fur et à mesure qu'elles passent au point R en s'éloignant de E elles donnent naissance à un champ électromagnétique alternatif, juxtaposition d'un champ électrique vertical et d'un champ magnétique horizontal ; ce champ électromagnétique est d'autant plus grand que l'on se trouve plus près d'un poste d'émission, et que la puissance émise est plus grande ; celle-ci augmente si l'on développe d'une manière convenable les dimensions de l'antenne d'émission et l'intensité du courant à base de cette antenne. D'une manière

plus précise la valeur efficace du champ électrique est donnée par l'expression :

$$E \text{ volts cent.} = 120\ \pi \frac{h\, I_{eff}}{\lambda\, r}$$

où :

I_{eff} est l'intensité en ampères dans l'antenne d'émission,

h en centimètres la hauteur effective de l'antenne d'émission,

r la distance en centimètres entre le poste d'émission et de réception,

λ en centimètres la longueur d'onde de l'émission.

Poste de réception. — Organe capteur d'énergie. — Antenne ou cadre. — Ainsi donc le poste d'émission produit au point R une certaine action caractérisée par l'existence d'un champ électromagnétique. Nos sens ne peuvent percevoir l'existence de ce champ ou le passage des ondes : le problème de la réception consiste à transformer une énergie électrique en énergie mécanique susceptible d'impressionner nos sens. Cette transformation est obtenue à la suite d'un certain nombre d'opérations que nous allons indiquer.

Le poste de réception doit, avant tout, posséder un organe capteur d'énergie constitué soit par une *antenne*, soit par un *cadre* ; cet organe aspire une petite quantité de l'énergie transportée par les ondes qui passent en R venant de E ; le premier problème qui se pose est le suivant : quelles formes faut-il donner à l'antenne ou au cadre pour leur permettre de capter une énergie convenable ? Ce problème fera l'objet d'un paragraphe spécial ; nous voulons insister seulement sur un point extrêmement important.

Syntonie entre le poste d'émission et de réception. — L'émission a lieu sur une longueur d'onde bien déterminée de 450 mètres par exemple. Supposons l'antenne *construite* convenablement (fig. 2) comme nous l'indiquerons plus loin ; sa longueur d'onde doit être inférieure à 450 mètres ; soit 120 mètres sa valeur (1). Si l'on dispose à la base A une bobine de self S (fig. 3), la longueur d'onde de l'ensemble, antenne et bobine de

self est supérieure à celle de l'antenne seule et d'autant plus que la self est plus grande ; il existe une valeur de self pour laquelle

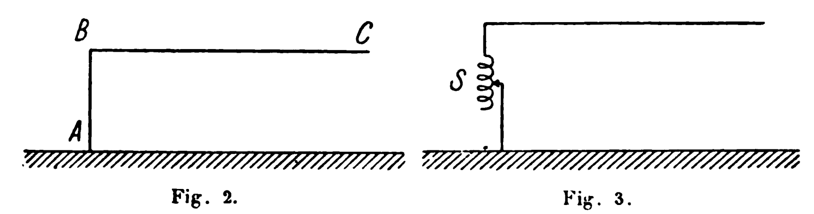


Fig. 2. Fig. 3.

l'ensemble possède une longueur d'onde égale à celle de l'émission ; à ce moment la puissance absorbée par l'antenne aux ondes est maxima, on dit qu'il y a *résonance* ou que le poste est *en syntonie* avec le poste d'émission.

Un condensateur C en série dans l'antenne produit un effet inverse ; la longueur d'onde de l'ensemble représenté par la figure 4 est inférieure à celle de l'antenne seule (fig. 2) ; la diffé-

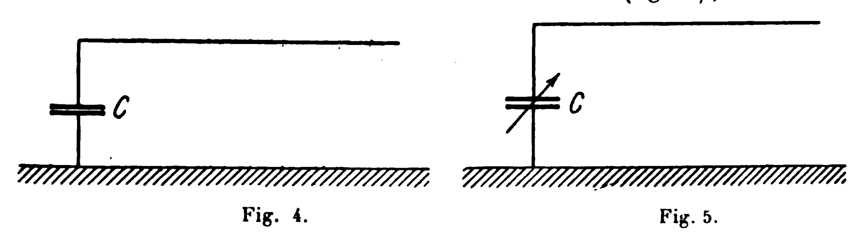


Fig. 4. Fig. 5.

rence est d'autant plus grande que la capacité C est *plus petite*; pour une très forte valeur de capacité (2), les armatures sont très rapprochées (fig. 5) et tout se passe comme si le condensateur n'existait pas : la longueur d'onde propre de l'ensemble est sensiblement la même que celle de l'antenne seule, soit 120 mètres ; si l'on diminue la valeur de la capacité en écartant les armatures,

---

(1) Antenne constituée par un fil de 30 mètres de long environ (figure 2 AB + BC = 30 m.).

(2) La capacité d'un condensateur a pour valeur :

$$C_{microfarard} = \frac{1}{9 \times 10^5} \times \frac{K\, S^{cm2}}{4\,\pi\, e^{\,cm}}$$

S = surface d'une armature. e = distance des deux armatures.

K = pouvoir inducteur spécifique du diélectrique qui sépare les armatures. Si e est très petit, la capacité est très grande.

la longueur d'onde diminue pour atteindre une valeur égale à $\frac{120}{2}$ soit 60 mètres pour une capacité nulle ; l'adjonction d'une capacité à la base d'une antenne permet de *diminuer au maximum de moitié*, la longueur d'onde de cette antenne.

Si l'on désire recevoir le poste d'émission travaillant sur 450 mètres avec une antenne unifilaire de 150 mètres et 600 mètres environ de longueur d'onde, il suffit d'intercaler à la base une capacité convenable en série pour établir la syntonie.

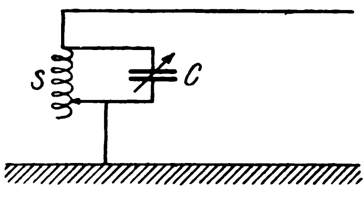


Fig. 6.

Enfin un condensateur C (fig. 6) branché aux bornes d'une self S produit une augmentation de longueur d'onde ; l'ensemble représenté par la figure 6 possède une longueur d'onde propre supérieure à celle de l'ensemble de la figure 3 (la bobine de self étant la même).

Sélection obtenue grâce à l'accord entre le poste d'émission et de réception. — Généralement plusieurs postes travaillent simultanément sur des longueurs d'onde différentes ; chacun d'eux produit des ondes qui atteignent l'antenne du poste de réception et induisent dans celle-ci des courants de fréquence différente ; l'utilisation de la résonance permet de renforcer l'action de l'une des émissions et par conséquent de sélectionner l'une de celles-ci ; la self ou le condensateur à la base de l'antenne permettent de s'accorder successivement sur les divers postes. L'espace est ainsi parcouru par des ondes qui se propagent dans diverses directions à une vitesse considérable. L'accord sur la longueur d'onde de l'une d'entre elles permet d'éliminer dans une forte mesure toutes les autres.

Distribution du courant le long de l'antenne de réception. — La valeur efficace du courant le long d'une antenne de réception

n'est pas la même en tous ses points ; aux extrémités isolées le courant est nul ; à la prise de terre, le courant possède généralement sa valeur maxima. La distribution du courant le long de l'antenne dépend de la constitution de cette antenne, et particulièrement des appareils, self ou capacité, insérés à la base.

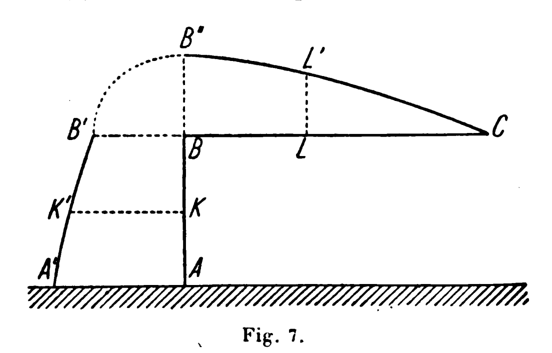


Fig. 7.

Dans une antenne de 450 mètres de longueur d'onde propre (fig. 7) constituée par un fil de $\frac{450}{4} = 112,50$ mètres de longueur environ

$$(AB + BC = 112 \text{ m. } 50)$$

le courant est distribué comme indiqué (1) : sa valeur maxima à la base est égale à AA' ; en un point K de la montée, elle est représentée par KK', en un point L par LL' ; un ampèremètre thermique branché aux divers points A K B L marquerait une intensité décroissante de A en C.

Si l'on considère l'antenne de la figure 3 accordée sur 450 mètres grâce à la self S, l'intensité décroît de A en C suivant une droite (figure 8) ; au point K au milieu du fil (AB + BC) de longueur égale à 30 mètres, l'intensité est $KK' = \frac{\quad}{2}$; AA' représentant l'intensité à la base, si un ampéremètre marque 30 microampères en A, il ne marque plus que 15 microampères en K.

(1) Cela signifie que si un poste d'émission travaille sur 450 mètres, le courant qu'il produit dans l'antenne représenté par la figure 7 est distribué comme l'indique cette figure.

la longueur d'onde diminue pour atteindre une valeur égale à $\frac{120}{2}$ soit 60 mètres pour une capacité nulle ; l'adjonction d'une capacité à la base d'une antenne permet de *diminuer au maximum de moitié*, la longueur d'onde de cette antenne.

Si l'on désire recevoir le poste d'émission travaillant sur 450 mètres avec une antenne unifilaire de 150 mètres et 600 mètres environ de longueur d'onde, il suffit d'intercaler à la base une capacité convenable en série pour établir la syntonie.

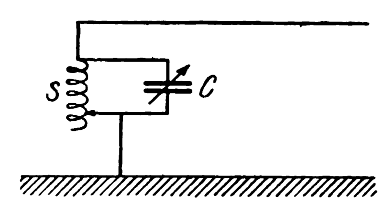


Fig. 6.

Enfin un condensateur C (fig. 6) branché aux bornes d'une self S produit une augmentation de longueur d'onde ; l'ensemble représenté par la figure 6 possède une longueur d'onde propre supérieure à celle de l'ensemble de la figure 3 (la bobine de self étant la même).

Sélection obtenue grâce à l'accord entre le poste d'émission et de réception. — Généralement plusieurs postes travaillent simultanément sur des longueurs d'onde différentes ; chacun d'eux produit des ondes qui atteignent l'antenne du poste de réception et induisent dans celle-ci des courants de fréquence différente; l'utilisation de la résonance permet de renforcer l'action de l'une des émissions et par conséquent de sélectionner l'une de celles-ci ; la self ou le condensateur à la base de l'antenne permettent de s'accorder successivement sur les divers postes. L'espace est ainsi parcouru par des ondes qui se propagent dans diverses directions à une vitesse considérable. L'accord sur la longueur d'onde de l'une d'entre elles permet d'éliminer dans une forte mesure toutes les autres.

Distribution du courant le long de l'antenne de réception. — La valeur efficace du courant le long d'une antenne de réception

n'est pas la même en tous ses points ; aux extrémités isolées le courant est nul ; à la prise de terre, le courant possède généralement sa valeur maxima. La distribution du courant le long de l'antenne dépend de la constitution de cette antenne, et particulièrement des appareils, self ou capacité, insérés à la base.

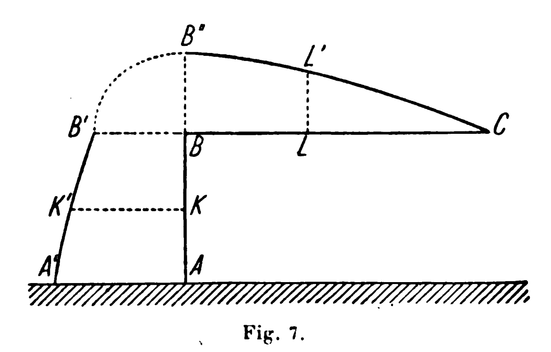


Fig. 7.

Dans une antenne de 450 mètres de longueur d'onde propre (fig. 7) constituée par un fil de $\frac{450}{4} = 112,50$ mètres de longueur environ

$$(AB + BC = 112 \text{ m. } 50)$$

le courant est distribué comme indiqué (1) : sa valeur maxima à la base est égale à AA′ ; en un point K de la montée, elle est représentée par KK′, en un point L par LL′ ; un ampèremètre thermique branché aux divers points A K B L marquerait une intensité décroissante de A en C.

Si l'on considère l'antenne de la figure 3 accordée sur 450 mètres grâce à la self S, l'intensité décroît de A en C suivant une droite (figure 8) ; au point K au milieu du fil (AB + BC) de longueur égale à 30 mètres, l'intensité est $KK' = \frac{\quad}{2}$; AA′ représentant l'intensité à la base, si un ampèremètre marque 30 microampères en A, il ne marque plus que 15 microampères en K.

(1) Cela signifie que si un poste d'émission travaille sur 450 mètres, le courant qu'il produit dans l'antenne représenté par la figure 7 est distribué comme l'indique cette figure.

Nous aborderons ensuite la construction des appareils à lampes dont nous expliquerons le fonctionnement.

Le cinquième chapitre s'occupera des appareils émetteurs de téléphonie sans fil pour les ondes permises aux amateurs.

Enfin dans un dernier chapitre nous étudierons la construction et l'utilisation d'appareils simples de mesure, indispensables pour abréger les tâtonnements auxquels donne lieu, par exemple, l'adaptation d'appareils récepteurs sur des antennes de caractéristiques inconnues.

En définitive cette étude comporte dans son ensemble cinq chapitres :

1° Généralités sur la réception de la téléphonie sans fil ;

2° Etude des organes constitutifs d'un poste récepteur ;

3° Construction des appareils à galène ;

4° Construction des récepteurs à lampes ;

5° Postes émetteurs de téléphonie et télégraphie sans fil ;

6° Construction et utilisation d'appareils simples de mesure en téléphonie sans fil.

Bien que nous ayons en vue la réception des ondes de 450 mètres, nous indiquerons toujours les modifications qui doivent être apportées à l'appareil en jeu pour le rendre susceptible de recevoir tout autre poste de téléphonie ou même de télégraphie sans fil.

Dans les divers chapitres nous chercherons à graduer les difficultés théoriques et pratiques; partant des appareils les plus simples nous terminons par l'étude des systèmes nouveaux généralement peu volumineux, mais d'une utilisation plus délicate.

I. — GÉNÉRALITÉS SUR LA RÉCEPTION DE LA TÉLÉPHONIE SANS FIL

Sommaire. — Action à distance produite par un poste d'émission.

Poste de réception. — Organe capteur d'énergie : antenne ou cadre. Syntonie entre le poste d'émission et le poste de réception.

Sélection obtenue grâce à l'accord entre le poste d'émission et de réception.

Distribution du courant le long de l'antenne de réception.

Distribution du potentiel le long de l'antenne de réception.

Principe de la réception de la téléphonie sans fil au moyen de l'ensemble détecteur à cristal téléphone.

Rendement d'un ensemble récepteur.

Constitution d'un poste de réception.

Nous réduirons au minimum ces généralités, le lecteur étant prié de se reporter aux multiples articles publiés à ce sujet dans les *Annales*.

Action à distance produite par un poste d'émission. — L'antenne du poste d'émission rayonne dans toutes les directions l'énergie qui se propage par ondes à une vitesse voisine de 300.000 km. à la seconde ; les ondes parties de E (fig. 1) arrivent

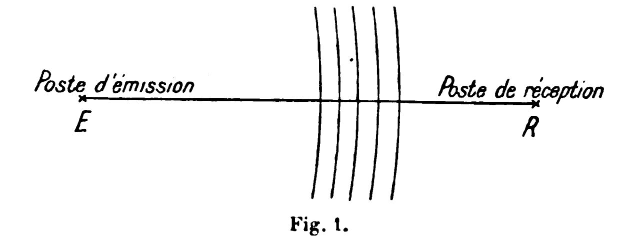


Fig. 1.

en un temps très court en un point R ; au fur et à mesure qu'elles passent au point R en s'éloignant de E elles donnent naissance à un champ électromagnétique alternatif, juxtaposition d'un champ électrique vertical et d'un champ magnétique horizontal ; ce champ électromagnétique est d'autant plus grand que l'on se trouve plus près d'un poste d'émission, et que la puissance émise est plus grande ; celle-ci augmente si l'on développe d'une manière convenable les dimensions de l'antenne d'émission et l'intensité du courant à base de cette antenne. D'une manière

plus précise la valeur efficace du champ électrique est donnée par l'expression :

$$E \text{ volts cent.} = 120\,\pi \frac{h\, I_{eff}}{\lambda\, r}$$

où :

I_{eff} est l'intensité en ampères dans l'antenne d'émission,

h en centimètres la hauteur effective de l'antenne d'émission,

r la distance en centimètres entre le poste d'émission et de réception,

λ en centimètres la longueur d'onde de l'émission.

Poste de réception. — Organe capteur d'énergie. — Antenne ou cadre. — Ainsi donc le poste d'émission produit au point R une certaine action caractérisée par l'existence d'un champ électromagnétique. Nos sens ne peuvent percevoir l'existence de ce champ ou le passage des ondes : le problème de la réception consiste à transformer une énergie électrique en énergie mécanique susceptible d'impressionner nos sens. Cette transformation est obtenue à la suite d'un certain nombre d'opérations que nous allons indiquer.

Le poste de réception doit, avant tout, posséder un organe capteur d'énergie constitué soit par une *antenne*, soit par un *cadre* ; cet organe aspire une petite quantité de l'énergie transportée par les ondes qui passent en R venant de E ; le premier problème qui se pose est le suivant : quelles formes faut-il donner à l'antenne ou au cadre pour leur permettre de capter une énergie convenable ? Ce problème fera l'objet d'un paragraphe spécial ; nous voulons insister seulement sur un point extrêmement important.

Syntonie entre le poste d'émission et de réception. — L'émission a lieu sur une longueur d'onde bien déterminée de 450 mètres par exemple. Supposons l'antenne *construite* convenablement (fig. 2) comme nous l'indiquerons plus loin ; sa longueur d'onde doit être inférieure à 450 mètres ; soit 120 mètres sa valeur (1). Si l'on dispose à la base A une bobine de self S (fig. 3), la longueur d'onde de l'ensemble, antenne et bobine de

self est supérieure à celle de l'antenne seule et d'autant plus que la self est plus grande ; il existe une valeur de self pour laquelle

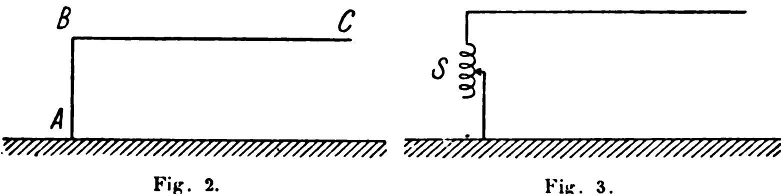


Fig. 2. Fig. 3.

l'ensemble possède une longueur d'onde égale à celle de l'émission ; à ce moment la puissance absorbée par l'antenne aux ondes est maxima, on dit qu'il y a *résonance* ou que le poste est *en syntonie* avec le poste d'émission.

Un condensateur C en série dans l'antenne produit un effet inverse ; la longueur d'onde de l'ensemble représenté par la figure 4 est inférieure à celle de l'antenne seule (fig. 2) ; la diffé-

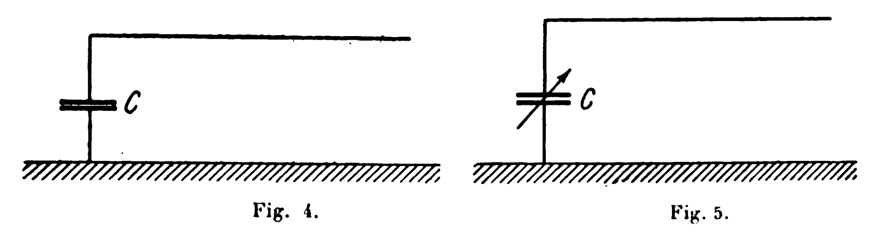


Fig. 4. Fig. 5.

rence est d'autant plus grande que la capacité C est *plus petite* ; pour une très forte valeur de capacité (2), les armatures sont très rapprochées (fig. 5) et tout se passe comme si le condensateur n'existait pas : la longueur d'onde propre de l'ensemble est sensiblement la même que celle de l'antenne seule, soit 120 mètres ; si l'on diminue la valeur de la capacité en écartant les armatures,

---

(1) Antenne constituée par un fil de 30 mètres de long environ (figure 2 A B + BC = 30 m.).

(2) La capacité d'un condensateur a pour valeur :

$$C_{\text{microfarard}} = \frac{1}{9 \times 10^5} \times \frac{K\, S^{\text{cm}^2}}{4\, \pi\, e^{\text{cm}}}$$

S = surface d'une armature. e = distance des deux armatures.

K = pouvoir inducteur spécifique du diélectrique qui sépare les armatures. Si e est très petit, la capacité est très grande.

la longueur d'onde diminue pour atteindre une valeur égale à $\frac{120}{2}$ soit 60 mètres pour une capacité nulle ; l'adjonction d'une capacité à la base d'une antenne permet de *diminuer au maximum de moitié*, la longueur d'onde de cette antenne.

Si l'on désire recevoir le poste d'émission travaillant sur 450 mètres avec une antenne unifilaire de 150 mètres et 600 mètres environ de longueur d'onde, il suffit d'intercaler à la base une capacité convenable en série pour établir la syntonie.

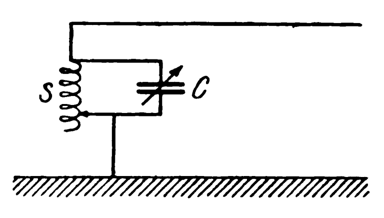


Fig. 6.

Enfin un condensateur C (fig. 6) branché aux bornes d'une self S produit une augmentation de longueur d'onde ; l'ensemble représenté par la figure 6 possède une longueur d'onde propre supérieure à celle de l'ensemble de la figure 3 (la bobine de self étant la même).

Sélection obtenue grâce à l'accord entre le poste d'émission et de réception. — Généralement plusieurs postes travaillent simultanément sur des longueurs d'onde différentes ; chacun d'eux produit des ondes qui atteignent l'antenne du poste de réception et induisent dans celle-ci des courants de fréquence différente; l'utilisation de la résonance permet de renforcer l'action de l'une des émissions et par conséquent de sélectionner l'une de celles-ci ; la self ou le condensateur à la base de l'antenne permettent de s'accorder successivement sur les divers postes. L'espace est ainsi parcouru par des ondes qui se propagent dans diverses directions à une vitesse considérable. L'accord sur la longueur d'onde de l'une d'entre elles permet d'éliminer dans une forte mesure toutes les autres.

Distribution du courant le long de l'antenne de réception. — La valeur efficace du courant le long d'une antenne de réception

n'est pas la même en tous ses points ; aux extrémités isolées le courant est nul ; à la prise de terre, le courant possède généralement sa valeur maxima. La distribution du courant le long de l'antenne dépend de la constitution de cette antenne, et particulièrement des appareils, self ou capacité, insérés à la base.

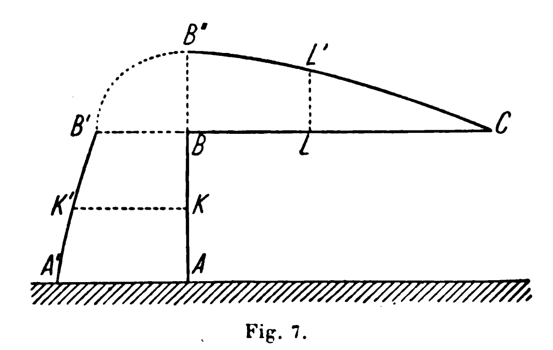


Fig. 7.

Dans une antenne de 450 mètres de longueur d'onde propre (fig. 7) constituée par un fil de $\frac{450}{4} = 112,50$ mètres de longueur environ

$$(AB + BC = 112 \text{ m. } 50)$$

le courant est distribué comme indiqué (1) : sa valeur maxima à la base est égale à AA' ; en un point K de la montée, elle est représentée par KK', en un point L par LL' ; un ampèremètre thermique branché aux divers points A K B L marquerait une intensité décroissante de A en C.

Si l'on considère l'antenne de la figure 3 accordée sur 450 mètres grâce à la self S, l'intensité décroît de A en C suivant une droite (figure 8) ; au point K au milieu du fil (AB + BC) de longueur égale à 30 mètres, l'intensité est $KK' = \frac{\quad}{2}$; AA' représentant l'intensité à la base, si un ampèremètre marque 30 microampères en A, il ne marque plus que 15 microampères en K.

(1) Cela signifie que si un poste d'émission travaille sur 450 mètres, le courant qu'il produit dans l'antenne représenté par la figure 7 est distribué comme l'indique cette figure.

Enfin, la distribution de courant le long de l'antenne de la figure 4 avec condensateur C est celle représentée sur la figure 9; en particulier si la valeur de la capacité est très faible (plaques

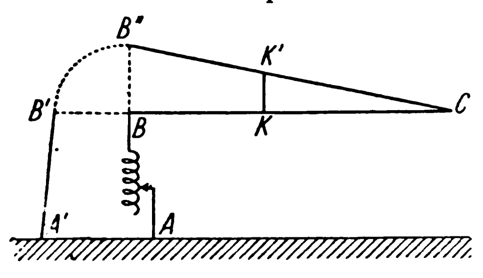


Fig. 8.

très écartées) tout se passe comme si l'antenne était isolée du sol, sa longueur d'onde propre est égale à 2 fois seulement la lon-

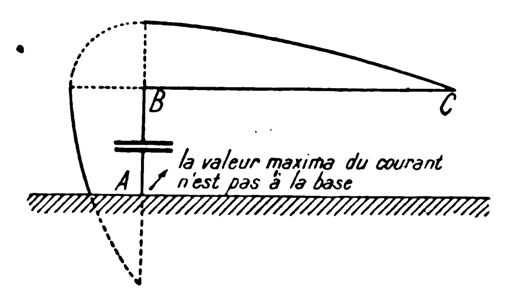


Fig. 9.

gueur du fil et la distribution du courant est celle représentée sur la figure 10 : le courant nul en C, croît de C en H pour décroître ensuite ; H est le milieu du fil C D E; ce fil vibre en demi-onde sous l'action du champ électromagnétique produit par le poste d'émission ; pour que la résonance soit établie, il faut que la longueur du fil soit sensiblement égale à $\frac{450}{2} = 225$ mètres ; le potentiel des points C et E est maximum ; le courant qui traverse le condensateur est cependant faible, pratiquement nul, la capacité C ayant une valeur négligeable (1).

(1) Le courant à travers le condensateur est $I = CV\omega$; V n'est pas faible, mais C est très petit, donc I.

Le cas de la figure 10 peut se présenter lorsqu'on adopte comme antenne une conduite d'eau, de gaz ou d'électricité de

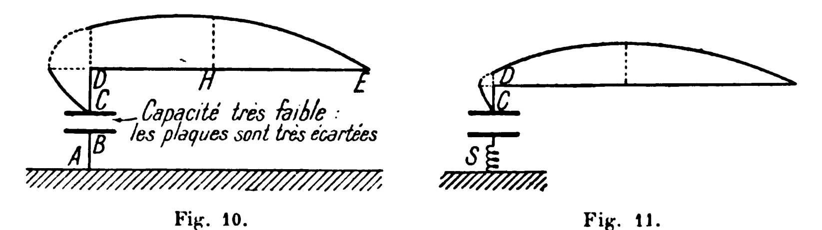


Fig. 10. Fig. 11.

longueur inconnue ; la capacité très faible mise en série permet d'obtenir la résonance, mais produit une distribution particulière de courant ; une self S mise à la base ne change pas grand'chose à la distribution de courant (figure 11) ; le courant dans cette self étant nul, la différence de potentiel entre ses extrémités est aussi nulle et un détecteur téléphone y branché n'est parcouru par aucun courant.

Lorsque le poste de réception n'est pas en résonance avec le poste d'émission, le courant est très faible en tout point de l'antenne et sa distribution désordonnée est variable avec le temps ; dans les exemples précédents *nous avons supposé que la résonance était toujours établie.*

Distribution du potentiel de l'antenne de réception.

Le potentiel n'est pas le même en tout point de l'antenne réceptrice et sa répartition dépend de la constitution de l'antenne et des éléments d'accord qu'elle comporte.

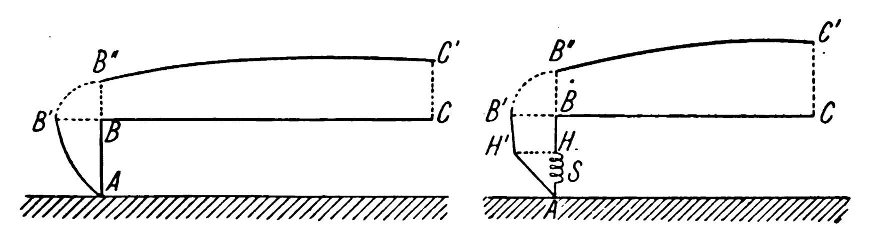


Fig. 12. Fig. 13.

1° *Fil unique de 112 m.50 environ de longueur.* — L'antenne ainsi constituée est supposée en résonance avec un poste émettant sur 450 mètres ; nous avons vu que le courant est maximum en A et nul en C ; par contre le potentiel en A est celui de la terre ; sa valeur est donc nulle ; en C au contraire, l'électricité cherche à s'échapper de l'antenne, poussée par la force électromotrice induite par l'émission : en ce point le potentiel est maximum.

2° *Fil d'une trentaine de mètres environ* (figure 13). — Le potentiel est toujours maximum à l'extrémité C ; dans la self de longueur courte par rapport à la montée A B, le potentiel croît de l'extrémité A, à la terre, à l'extrémité H, suivant une droite A H ; si I désigne l'intensité du courant dans la self, sensiblement la même en tout point de cette self, l la valeur de self de la bobine, la différence de potentiel entre A et H a pour valeur $U = l\omega I$ (ω = pulsation correspondant à la longueur d'onde).

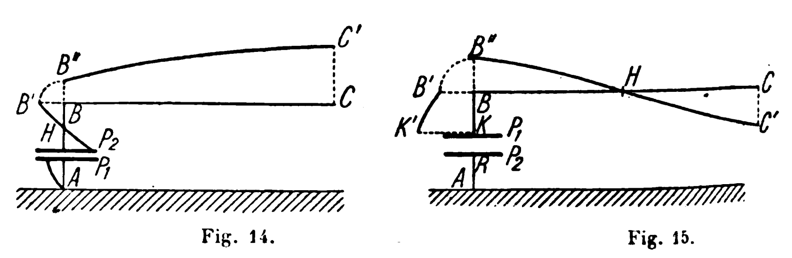


Fig. 14. Fig. 15.

3° *Fil de 150 mètres de longueur.* — Pour établir l'accord avec un poste travaillant sur 450 mètres, la longueur d'onde propre de l'antenne étant égale au moins à 600 mètres, il faut disposer une capacité à la base ; la figure 9 montre comment se répartit alors le courant le long de l'antenne.

La figure 14 montre dans les mêmes conditions la répartition du potentiel : maximum à l'extrémité C, il diminue lorsqu'on se dirige vers B pour s'annuler en un point H ; il augmente lorsqu'on se rapproche du condensateur, et s'annule lorsqu'on arrive en A prise de terre.

Si la capacité est très faible (figure 15) (plaques écartées) le point H se trouve au milieu du fil K B C de 225 mètres de lon-

gueur et la répartition du potentiel est indiquée sur la figure 15. (Voir figure 10 la répartition correspondante du courant). Le fil vibre en demi-onde ; le potentiel de l'extrémité C est maximum ; de même la plaque P_1 est à un potentiel K K' maximum ; la plaque P_2 est au potentiel zéro de la terre et la différence de potentiel entre les armatures du condensateur est égale à K K'; un ensemble détecteur téléphone branché entre K et R est traversé par un courant non négligeable.

Principe de la réception de la téléphonie sans fil au moyen de l'ensemble détecteur a cristal téléphone.

Supposons l'antenne construite et en résonance avec le poste d'émission grâce à l'emploi de selfs et de condensateurs ; le champ électrique produit par l'émission, induit dans l'antenne une force électromotrice qui pousse l'électricité et donne naissance à des courants de haute fréquence relativement très faibles, dont la distribution a lieu suivant ce qui a été indiqué ci-dessus; comment déceler l'existence de ces courants très faibles ; comment en particulier transformer l'énergie électrique en énergie mécanique susceptible d'impressionner nos sens ?

Si le poste d'émission est puissant ou rapproché (d'une façon plus précise si le champ électromagnétique est intense), si l'antenne de réception est convenablement dimensionnée, l'emploi

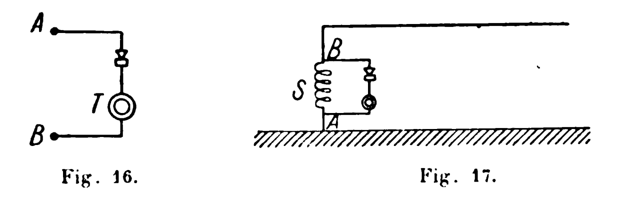


Fig. 16. Fig. 17.

d'un *détecteur à cristal* suivi d'un téléphone permet de résoudre la question. Le détecteur (fig. 16) comporte une pointe métallique que l'on dispose en contact avec un morceau de galène ; en série avec ce contact est disposé un téléphone T ; si entre les points A et B on établit pendant un certain temps une différence

de niveau électrique alternative de haute fréquence d'amplitude constante, le détecteur ne laisse passer de courant que dans un sens (1) et le téléphone parcouru par une suite de pulsations de même sens et extrêmement rapprochées (2) se comporte comme s'il était parcouru par un courant continu; si l'amplitude de la différence de potentiel entre A et B varie suivant une fréquence téléphonique, le courant qui traverse le téléphone ne se comporte plus comme un courant continu, mais comme un courant téléphonique qui produit le déplacement de la membrane du téléphone.

Or, si l'on considère l'antenne de réception, la différence de potentiel aux bornes de la self S (fig. 17) parcourue par un courant alternatif de fréquence N et de valeur efficace i_{eff} a pour valeur

$$\overset{\text{microvolts}}{u_{eff}} = \overset{\text{henrys}}{l} \times 2\pi N \times \overset{\text{microampères}}{i_{eff}}.$$

l est la valeur en henrys de la self; si, aux bornes A B de la self on applique le système détecteur téléphone précipité, le téléphone est parcouru par un courant, variable si la différence de potentiel entre A et B est d'amplitude variable; ce résultat est obtenu lors d'une modulation produite au poste d'émission par un microphone qui fait varier l'intensité dans l'antenne d'émission, donc l'amplitude du champ au point R (fig. 1), la f. é. m. induite dans l'antenne de réception, le courant dans cette antenne et en particulier dans la self S (fig. 17), et par suite la différence de potentiel aux bornes de cette self; le téléphone T qui constitue un véritable moteur vibre et répète les sons émis devant le microphone du poste d'émission.

Un condensateur de capacité C farad en série dans l'antenne, parcouru par un courant i_{eff} microampères de fréquence N possède à ses bornes une différence de potentiel u_{eff} microvolts.

$$u_{eff} = \frac{i_{eff}}{C \times 2 N};$$

(1) En réalité le détecteur laisse passer le courant dans les deux sens; mais il y a inégalité de résistance suivant le sens de ce courant.

(2) Pour une longueur d'onde de 450 mètres, le nombre de pulsations est égal à 666.666 par seconde.

si cette différence de potentiel est appliquée aux bornes du système détecteur téléphone, ce dernier fonctionne comme précédemment et répète les sons émis au poste d'émission.

Rendement d'un ensemble récepteur.

La puissance captée par l'antenne est dissipée de plusieurs façons :

1° La plus grande partie est perdue sous forme d'effet Joule, principalement à la prise de terre.

2° Une partie relativement faible est réfléchie par l'antenne et reste donc inutilisée.

3° Une partie très faible est mise en jeu dans le système détecteur téléphone ; le détecteur absorbe la majorité de cette puissance, le téléphone (moteur à très mauvais rendement) ne transforme qu'une portion faible de la puissance qu'il absorbe en puissance mécanique dont l'oreille, elle-même, ne capte qu'une portion infime.

Le rendement de l'ensemble récepteur est donc extrêmement faible ; aussi malgré la sensibilité extrême du téléphone ne peut-on recevoir un poste d'émission sans amplification qu'autant que ce poste est relativement proche, puissant, et que l'antenne de réception est convenablement dimensionnée. Dans tous les autres cas il est nécessaire d'utiliser les amplificateurs à lampes ; aucune portion de la puissance captée n'est alors transformée en énergie mécanique ; une portion infime de cette puissance est utilisée pour faire varier le potentiel de grille de la lampe, qui commande le passage des électrons, mis en mouvement par la pile de plaque. Nous examinerons ce sujet au moment voulu.

Constitution d'un poste de réception.

En résumé, nous voyons qu'un poste récepteur en téléphonie sans fil comporte :

1° Une *antenne* ou un *cadre* destiné à capter une portion infime de l'énergie émise par le poste d'émission.



2° Un ensemble de selfs et de condensateurs permettant de sélectionner parmi les postes qui émettent simultanément celui que l'on désire écouter.

3° Un ensemble *détecteur téléphone* qui, branché aux bornes d'une self ou d'un condensateur sièges d'un courant haute fréquence est traversé par un courant variable qui fait vibrer la membrane du téléphone.

4° Enfin, la plupart du temps, la puissance captée étant insuffisante pour obtenir un déplacement convenable du téléphone, l'emploi *d'amplificateurs* est d'une nécessité absolue.

Il est utile de faire remarquer qu'un poste récepteur forme *un ensemble dont les divers organes doivent être convenablement adaptés ;* cette adaptation relativement facile au poste d'émission où les puissances en jeu sont facilement mesurables devient très délicate lorsqu'il s'agit de puissances bien inférieures à un microwatt.

APPLICATION A LA RADIOCOMMUNICATION
DE
LA TECHNIQUE DE LA TRANSMISSION PAR FIL (1)

La radiocommunication est soumise aux mêmes lois fondamentales que la communication par fil et présente avec celle-ci des analogies accessibles aux spécialistes du fil.

Une comparaison des caractéristiques de la transmission dans des limites très éloignées de distances, montre l'avantage du fil pour les faibles distances. Aux grandes distances, bien que l'affaiblissement des ondes électriques par fil soit plus grand que par radio, l'emploi d'amplificateurs intermédiaires pour relever l'énergie des messages semble à l'heure actuelle plus économique dans les systèmes par fil que dans les systèmes par radio. Pour rendre économique la transmission, il faut réduire autant que possible la dépense d'énergie ; le fil se prête mieux que l'onde à cette réduction.

La ligne terrestre transcontinentale avec prolongements par radio utilisée pour relier l'île Catalina du Pacifique à un navire dans l'Atlantique a permis d'établir que si toute l'énergie mise en œuvre devait être appliquée à une extrémité du circuit, sans aucune amplification intermédiaire, elle atteindrait une valeur de

$$1,8 \times 10^{29} \text{ kilowatts}$$

ce qui dépasse les disponibilités de l'univers entier, tandis que le dispositif actuel d'amplification répartie le long de la ligne ne nécessite pas même 1 kilowatt.

L'examen de l'influence réciproque des courants et ondes parasites et des signaux fait ressortir la nécessité de maintenir aussi bien en radio que par fil l'énergie des signaux beaucoup au dessus de l'énergie des parasites ; les phénomènes de sifflement imposent des limites à l'emploi du duplex en radio aussi bien que par fil, ainsi que dans les com-

(1) Mémoire présenté à « The Institute of Radio Engineers », New-York, 23 janvier 1922, par M. Lloyd Espenschied.

Publié par The Bell System Technical Journal, Nov. 1922 et Proceedings of Radio Institute, Octobre 1922.

binaisons utilisant les deux modes de transmission ; la suppression du courant porteur et d'une des bandes latérales dans le système multiplex à haute fréquence améliore le rendement économique ; la qualité de la transmission dépend de facteurs communs aux divers modes de communication.

Introduction.

Une des remarques les plus intéressantes que permettent les développements récents de la radiocommunication, et plus particulièrement de la radiotéléphonie, est la concordance évidente de sa technique avec celle de la communication par fil ; la relation étroite qui existe entre les deux modes de communication est due à l'emploi qu'ils font tous deux de l'ampoule thermoionique.

Cependant, ce n'est pas cet appareil, si utiles et si importantes que soient ses applications, qui donne aux deux modes de communication leur communauté d'intérêts et de principes fondamentaux, mais bien l'identité de leur but final, consistant dans la transmission de la pensée humaine. En ne considérant que l'efficacité et la fidélité que doit posséder le transport des messages, cette considération peut constituer la base commune des lois fondamentales qui régissent les deux modes de communication.

L'introduction des répéteurs et de la haute fréquence constitue un progrès très sensible dans l'art de la transmission par fil des messages télégraphiques et téléphoniques. Il nous a semblé utile et tout au moins intéressant de rechercher les effets de l'application de cette technique nouvelle aux problèmes les plus importants de la radiocommunication ; cette étude permet de considérer sous un jour nouveau le problème de la radiocommunication et met en lumière son étroite corrélation avec la méthode mieux connue de la communication par fil. En les reportant à leurs bases communes on peut faire ressortir la valeur respective de ces deux méthodes, et exposer plus clairement les principes fondamentaux qui les gouvernent.

Le problème principal de la communication électrique consiste à faire parvenir à la station réceptrice un volume suffisamment grand de signaux convenablement débarrassés des bruits parasites.

Le volume est obtenu en compensant par l'amplification les pertes de transmission; on annihile l'influence des parasites en réduisant autant que possible le rapport entre l'énergie qu'ils possèdent et l'énergie des signaux.

Pertes de transmission.

Considérons en premier lieu la perte principale, qui provient de la propagation des ondes dans le milieu qu'elles doivent traverser. Par fil aussi bien qu'en radio, la propagation réelle des ondes d'énergie électromagnétique se fait dans l' « éther » avec cette seule différence que dans les fils, les ondes sont tenues de suivre une voie tracée à l'avance et bien déterminée, tandis qu'en radio, elles se répandent librement dans toutes les directions et ne sont arrêtées que par la surface du globe terrestre. De cette différence dans le mode de propagation résulte une différence importante dans les pertes de transmission ainsi qu'on peut s'en rendre compte par l'examen de la figure 1.

Dans la transmission par fil, la loi suivant laquelle l'intensité et le voltage du courant décroissent au fur et à mesure de la propagation de l'onde dans le conducteur, est déterminée par les formules connues de l'affaiblissement :

$$I_1 e^{-al} = I_2 ; \quad E_1 e^{-al} = E_2 .$$

Ces formules expriment simplement le fait qu'en tout point du conducteur, les pertes causées par la résistance et par le manque d'isolement correspondent à une réduction de l'intensité et du voltage du courant parvenu en ce point. Après avoir parcouru l milles, l'intensité primitive I_1 est abaissée à une valeur $I_1 e^{-al}$ qui représente l'intensité reçue I_2; c'est d'ailleurs la même loi générale qui s'applique à l'amortissement par rapport au temps de l'intensité et du voltage dans un circuit oscillant. Nous supposerons bien entendu que le circuit est constitué de façon à éviter tout effet de réflexion à ses extrémités ; il suffit pour qu'il en soit ainsi de rendre l'impédance interne des postes terminaux égale à l'impédance caractéristique de la ligne, et de faire, comme l'indique la

figure 1 : Z_i (interne) = Z_l (ligne). Une relation analogue est adoptée pour le circuit radio : l'impédance de la ligne peut être assimilée à la résistance de radiation de l'antenne tandis que l'impédance interne représente la résistance de l'antenne elle-même et du poste, en supposant que ces deux éléments sont en résonance ; on aura donc R_i (interne) = R_r (radiation).

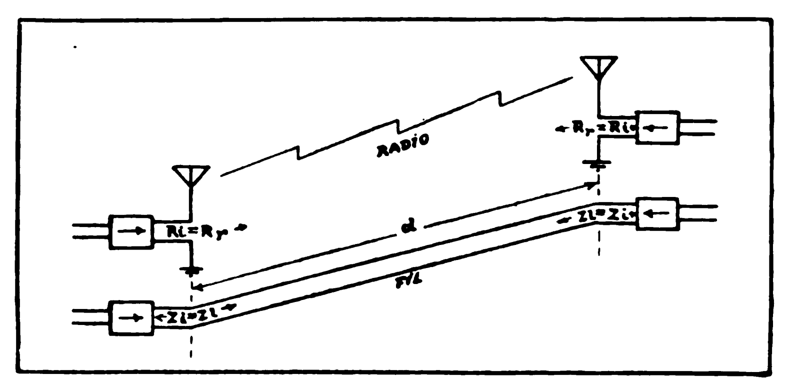


Fig. 1. — Circuit de communication par radio et par fil.

Nous savons qu'il existe en radio deux causes distinctes de pertes de transmission :

1° la dispersion en tous sens des ondes, propre au mode de transmission par ondes non guidées ;

2° l'absorption par l'air et la surface de la terre, qui occasionne pour chaque mille de propagation, une certaine perte soumise à une loi exponentielle semblable dans sa forme générale à la loi de l'affaiblissement dans les fils ; cette loi de transmission est exprimée par la formule connue d'Austin Cohen, donnée en appendice (1).

Les conventions suivantes permettent de comparer les pertes par radio aux pertes par fil :

1° On prend pour mesure des pertes le rapport de la racine carrée de la puissance dispersée par l'antenne émettrice à la racine

(1) Des essais de transmission entre navire et côte, faits après que cet article fut écrit, ont permis de constater que la formule d'Austin Cohen se vérifie pour des fréquences atteignant 1.000.000 de cycles.

carrée de la puissance captée dans l'antenne réceptrice ; un rapport identique sert à cet effet dans la transmission par fil.

2° Les résistances de radiation des deux antennes, émettrice et réceptrice, sont égales, par analogie à l'égalité des impédances de ligne aux deux extrémités du circuit en fils.

3° La résistance interne de l'antenne, qui correspond à l'impédance du poste du circuit en fils, est égale, aux deux extrémités, à la résistance de radiation ; c'est la condition de transfert maximum d'énergie de la ligne au poste, et inversement.

Ces hypothèses qui placent les deux modes de transmission sur un même plan de comparaison, sont favorables à la radio parce qu'elles ne tiennent pas compte des limites pratiques imposées aux antennes ; il en résulte que les courbes pour radio indiqueront les pertes maximum que donnerait une transmission diurne sur l'eau.

Les courbes indiquent par radio et par fil et pour diverses fréquences le mode de variation des pertes par rapport à la distance. Les ordonnées sont graduées en logarithmes du rapport des intensités ou des voltages envoyés et reçus dans des circuits de même impédance, et les pertes sont évaluées d'après la loi d'affaiblissement en usage dans la transmission par fil; les ordonnées représentent donc l'exposant al de cette loi, et peuvent être lues directement en milles de câble standard (1) en les multipliant par 21. En employant l'exposant au lieu du rapport lui-même, on profite de l'avantage caractéristique des logarithmes : les pertes et les gains partiels de tout un circuit peuvent être totalisés algébriquement, ce qui permet la détermination immédiate de l'équivalent total de transmission de ce circuit.

Il faut retenir que la perte de transmission par radio indiquée dans les courbes est celle qui se produit entre le point où l'éner-

(1) L'affaiblissement a à 800 cycles par mille de câble standard est égal à 0,109. La relation entre les intensités exprimée en milles de câble standard devient :

$$\frac{I_1}{I_2} = e^{-al} = e^{0,109\,l}$$

$$\text{d'où } l = \frac{1}{0,109} \log_e \frac{I_1}{I_2} = 21,13 \log_{10} \frac{I_1}{I_2}.$$

gie émise est libérée dans l'éther par l'antenne de la station émettrice et le point où l'énergie reçue est captée par l'antenne de la station réceptrice. Dans la figure 1, ces points sont indiqués en R_r pour la station émettrice et en R_i pour la station réceptrice. Si on libérait au poste émetteur l'énergie produite dans le générateur, ce qui revient à prendre R_i au lieu de R_r, le rapport des énergies serait simplement doublé dans l'hypothèse admise, et l'affaiblissement serait supérieur à 0,15 unités ou d'environ 3 milles à sa valeur indiquée dans les courbes. Ces courbes peuvent donc servir pour déterminer les pertes dans tous les cas de la pratique réelle, en majorant les valeurs minima qu'elles fournissent de la quantité additionnelle résultant de la constitution réelle de l'antenne.

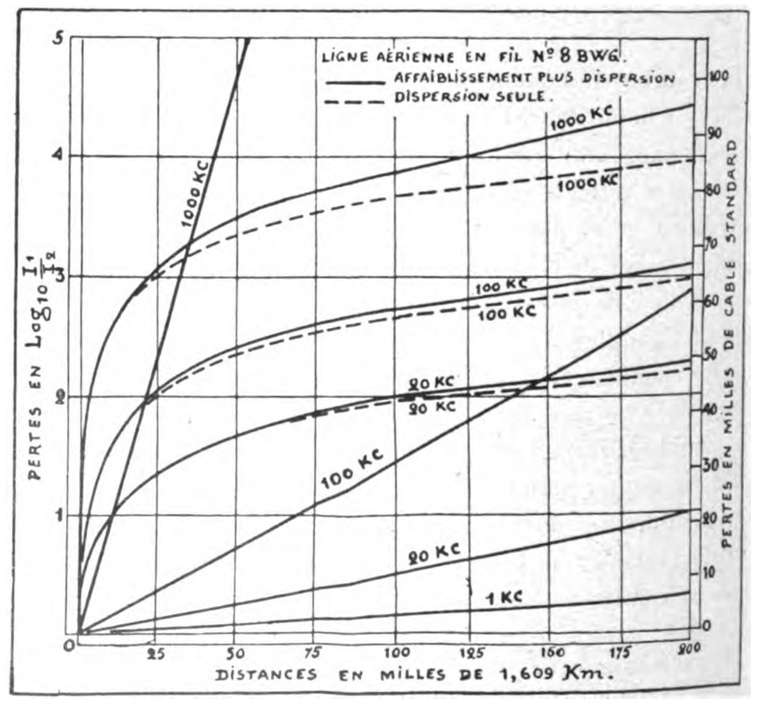


Fig. 2. — Courbes de pertes de transmission par radio et par fil.

La figure 2 donne les pertes de transmission jusqu'à la distance de 200 milles ou 320 kilomètres ; les lignes droites se rapportent

à la transmission par fil et les lignes courbes à la transmission par radio ; parmi ces dernières, les courbes en traits interrompus se rapportent aux pertes par radiation seulement, tandis que les courbes en traits continus fournissent la perte totale, absorption comprise.

Une première caractéristique ressort de la nature des courbes : les courbes des pertes par fil sont figurées par des lignes droites, en vertu de la fonction exponentielle qui les régit et de leur mesure directe par le logarithme ou l'exposant lui-même ; les courbes des pertes par radio s'élèvent rapidement au début pour s'infléchir ensuite, en suivant la loi de proportion inverse par rapport à la distance.

Une seconde caractéristique, résultant de la rapide ascension initiale des courbes de pertes par radio, montre que ces pertes sont plus élevées que par fil aux fréquences les plus utilisables par des conducteurs, et deviennent de beaucoup supérieures aux pertes par fil aux fréquences téléphoniques d'environ 1 kilocycle (1). Les courbes des pertes par fil sont établies pour une ligne aérienne en fil n° 8 B.W.G. (2), du type normal employé aux États-Unis pour les circuits téléphoniques à longue distance, et dont les constantes sont données en appendice.

Une troisième caractéristique consiste dans l'accroissement des pertes avec l'augmentation de la distance et inversement. L'efficacité de l'antenne a été supposée constante pour toutes les fréquences ; en réalité, les pertes aux basses fréquences sont plus élevées que ne l'indiquent les courbes, par suite des limites imposées à la hauteur des antennes.

Dans les conditions idéales par rapport au milieu lui-même de propagation des ondes, toutes les pertes dues aux conducteurs et aux diélectriques qui les entourent ainsi que toutes les pertes d'absorption par la terre et par l'atmosphère seraient supprimées ; il en résulterait que :

1° La transmission par fil ne subirait aucun affaiblissement, et la courbe des pertes se confondrait avec l'axe des abscisses ;

---

(1) 1 kc = 1 kilocycle par seconde ou 1.000 cycles par seconde.
(2) Fil n° 8 B.W.G : diamètre : $4^{mm}, 2$.



2° La transmission par radio ne subirait que les pertes dues à la dispersion inhérente au mode de propagation non guidée, pertes dont la grandeur est évidemment considérable ; les courbes en traits interrompus indiquent les pertes sans affaiblissement ; les courbes en traits continus sont relatives aux pertes avec affaiblissement.

Dans les conditions normales, le milieu de propagation provoque des pertes progressives ; comme le montre la figure 2, les pertes par fil, aux faibles distances, n'excédant pas 200 milles ou 320 kilomètres, sont moindres en général, et sont beaucoup moindres aux fréquences téléphoniques que les pertes par radio. L'affaiblissement léger par fil aux fréquences téléphoniques, est révélé par l'expérience directe, et justifie l'emploi d'appareils peu coûteux aux extrémités des circuits ; par contre, les pertes élevées dans la transmission par radio expliquent l'amplification considérable qui est reconnue nécessaire soit à l'un soit à l'autre, soit à chacun des deux postes. On peut en déduire une conclusion intéressante : bien que le milieu de propagation par radio soit fourni par la nature elle-même, l'emploi immédiat de ce milieu n'est pas aussi économique qu'on aurait pu s'y attendre, par suite de l'équipement considérable en amplificateurs pouvant compenser l'affaiblissement intense, en appareils sélectifs pouvant distinguer et séparer les fréquences et multiplexer les circuits, en antennes permettant la pénétration et la sortie.

Aux fréquences élevées, l'affaiblissement croît par fil relativement plus vite que par radio, et détermine les limites des fréquences qui peuvent être utilisées par fil sans recourir à une amplification considérable. Ainsi, à 100.000 cycles la perte par fil à 200 milles ou 320 kilomètres est sensiblement la même que la perte minimum théorique par radio.

La figure 3 qui donne les courbes d'affaiblissement aux grandes distances, montre qu'entre 2.000 et 3.000 milles (3.200 à 4.800 km.) la courbe par radio à la fréquence la plus faible recoupe la courbe par fil à 1.000 cycles ; il est donc possible d'obtenir à partir de cette distance la même efficacité téléphonique par radio que par un circuit direct en fil. A ces distances, les fils occasionnent en

effet, aux fréquences des courants porteurs, des pertes supérieures à celles que l'on consent par radio.

Il n'est pas possible de déduire de ces relations entre les affaiblissements une comparaison au point de vue économique ; les économies résultent en effet non pas de la réduction de l'affaiblissement en lui-même, mais des nombreux facteurs assurant cette

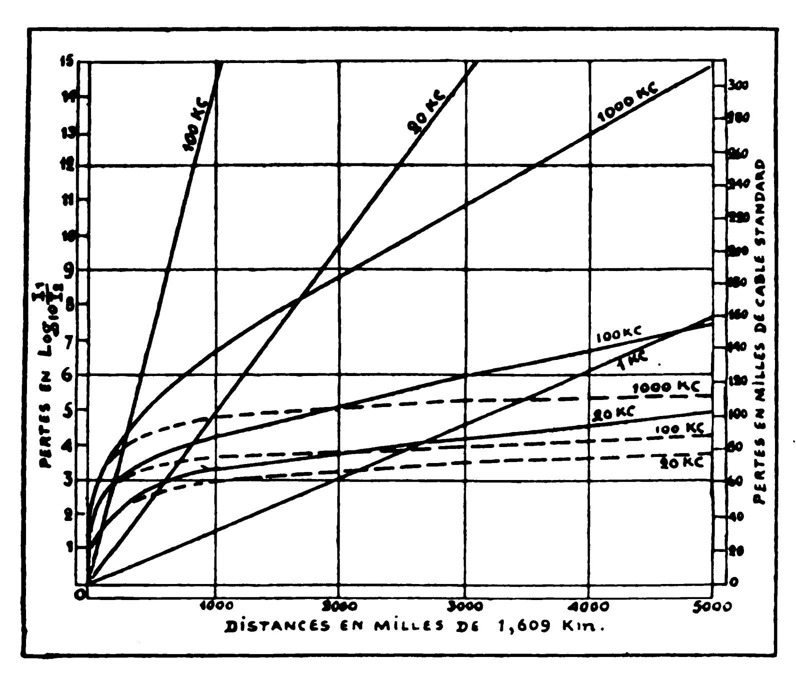


Fig. 3. — Courbes des pertes de transmission par radio et par fil.

réduction et parmi lesquels figure le coût de l'amplification nécessaire pour compenser les pertes ; ce coût lui-même dépend à son tour de la mesure dans laquelle on pourra appliquer cette amplification à une faible énergie, comme on le fait dans l'emploi des répéteurs téléphoniques. En installant des amplificateurs à des distances de quelques centaines de milles, sur une ligne téléphonique, l'affaiblissement ne peut s'accumuler et l'amplification s'exerçant sur une puissance relativement faible, peut être très économique. Ce qui précède montre que les valeurs de l'affaiblissement telles qu'elles sont données doivent être considérées par

rapport à l'amplification et à la puissance nécessaires pour compenser les pertes et pour conduire et délivrer à la station réceptrice un volume de transmission suffisant pour assurer la prédominance des courants de signaux sur les courants parasites.

Les ondes parasites et leur influence sur la puissance de transmission.

En radio aussi bien que par fil, le milieu de propagation est toujours parcouru par des ondes parasites qui se mélangent aux ondes constitutives des messages et qui tendent à s'opposer à la réception de ces dernières. Il est indispensable que les signaux parviennent à la station réceptrice avec une puissance élevée par rapport à la puissance des ondes parasites, la proportion dépendant de la nature et de la qualité de la communication. La valeur de la puissance perturbatrice servira de base à la détermination de la puissance minimum que devront posséder les ondes de signaux dans la transmission par radio et dans certains cas de transmission par fil.

Dans les méthodes de transmission par fil, l'énergie minimum nécessaire peut être exprimée sous forme d'une puissance ou, comme on le fait ordinairement, d'une intensité de courant dans les appareils récepteurs, le passage de la ligne dans ces appareils étant réglé par une relation constante. En radio, la valeur de la puissance captée par l'antenne réceptrice dans l'éther qui constitue la ligne est si intimement liée aux dimensions de cette antenne qu'elle doit être exprimée sous la forme d'un champ ou plus simplement d'une intensité de champ, et non sous la forme d'une intensité de courant dans les appareils récepteurs. Il est évident que les pertes de transmission dues au passage de l'éther dans le circuit de réception n'affectent pas le rapport entre la puissance perturbatrice et la puissance des signaux, ou rapport d'interférence, et n'ont d'influence que sur le degré d'amplification nécessaire ; par contre, les pertes occasionnées par la pénétration dans l'éther au poste émetteur modifient profondément le rapport d'interférence, ainsi qu'on le verra ci-dessous.

NIVEAUX DE TRANSMISSION.

La nécessité de maintenir la prédominance des ondes de signaux au poste récepteur sur les ondes perturbatrices est mise en évidence par la figure 4 représentant un diagramme des niveaux de transmission analogue à ceux qui sont utilisés dans la transmission par fil. Ce diagramme montre l'influence relative des puissances des ondes de signaux et des ondes parasites. L'échelle verticale est graduée en niveaux de transmission exprimés par le logarithme du rapport des intensités de courant ou de champ, tandis que l'échelle

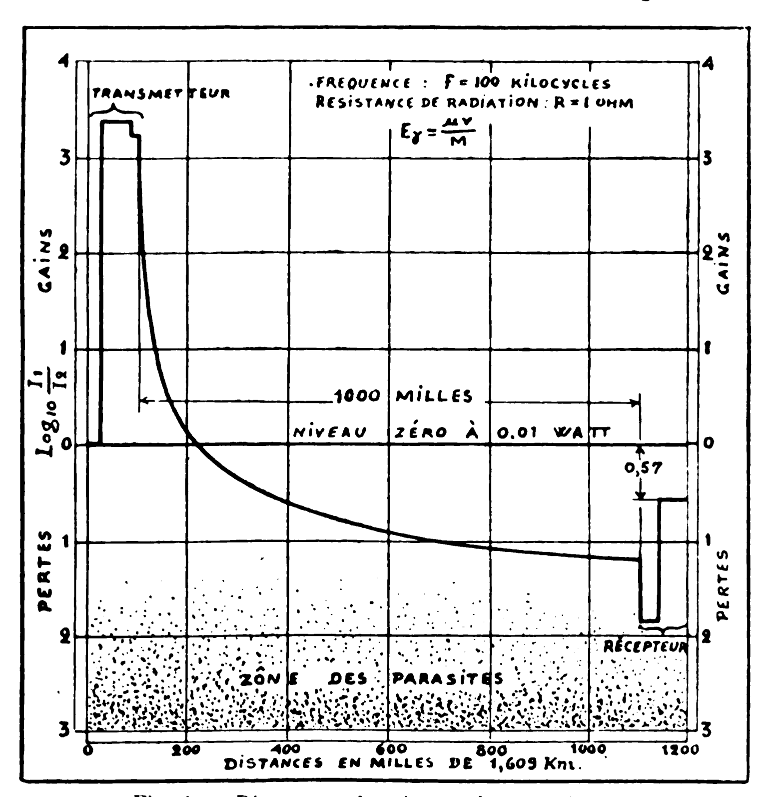


Fig. 4. — Diagramme des niveaux de transmission.

horizontale est graduée en distances ; la présence et la puissance des ondes parasites est rendue visible à la partie inférieure du diagramme par une ombre dégradée.

Le diagramme est établi de la façon suivante : on prend comme origine verticale ou niveau zéro la puissance mise en œuvre dans un circuit téléphonique par un transmetteur microphonique type, actionné par un opérateur moyen ; cette puissance est évaluée à $0^{W},01$. Le courant phonique étant amplifié, au poste émetteur, le niveau de transmission est sensiblement relevé comme le montre le ressaut vertical du tracé, à la partie gauche de la figure. On suppose que le courant est converti, à la puissance résultant de cette amplification, en courant modulé à haute fréquence et est ensuite envoyé à l'antenne émettrice. La perte dans l'antenne due à la haute fréquence est indiquée par la chute verticale de la courbe ; la courbe de défaillance commence à partir d'un point qui représente la puissance utile dégagée à l'entrée dans l'éther; cette puissance est déterminée par l'expression $I^2 R$ dans laquelle I est l'intensité du courant dans l'antenne et R la résistance de radiation. Au fur et à mesure que la transmission progresse vers la station réceptrice en traversant le milieu propagateur, la courbe des puissances s'abaisse conformément aux courbes de pertes étudiées précédemment. Le niveau de transmission ne pouvant atteindre le niveau d'interférence, la transmission atteint la station réceptrice avant d'avoir pénétré très profondément dans la région perturbatrice. A la station réceptrice, une nouvelle perte de transmission, produite par le passage du milieu de propagation à l'antenne, est indiquée par la chute verticale de la courbe ; cette perte affecte au même titre les ondes parasites et les ondes de signaux et ne modifie pas le rapport d'interférence. Une amplification finale relève la transmission au niveau correspondant à une bonne audition ; la différence entre le niveau final et le niveau zéro ou d'origine sert de mesure à l'équivalent total de transmission, qui serait dans le cas figuré,

$$\log \frac{I_1}{I_2} = 0,57$$

ou environ 12 milles de câble standard ; cet équivalent correspond à un rapport d'intensité de courant de 4 environ, suffisant pour assurer une bonne conversation. Si le circuit est à une seule voie,

l'amplification finale peut atteindre une valeur aussi élevée qu'on le désire ; mais dans les circuits à deux voies, l'amplification doit être maintenue dans des limites imposées par l'interférence des deux transmissions, ainsi qu'il est dit ultérieurement.

L'examen du diagramme permet de formuler les constatations suivantes :

1° L'équivalent net de transmission représente la différence entre le total des pertes et le total des gains.

2° Le total des gains se répartit entre le poste émetteur et le poste récepteur. Il est désirable de reporter la plus grande partie possible de l'amplification au poste récepteur, par suite de l'économie résultant de l'application de cette amplification à une faible puissance.

3° La mesure dans laquelle il convient de reporter l'amplification au poste récepteur est déterminée par la nécessité de maintenir à l'arrivée au poste récepteur la transmission à un niveau suffisamment élevé pour dominer les influences perturbatrices.

4° La valeur absolue de l'intensité des ondes parasites détermine la puissance minimum des ondes de signaux à l'arrivée ; celle-ci, jointe à l'affaiblissement subi depuis le poste émetteur, détermine la puissance nécessaire à l'émission.

Il en résulte que les deux éléments essentiels d'un système de radiocommunication sont : 1° la puissance des ondes parasites, et 2° les pertes de transmission dans le milieu de propagation. Ces deux éléments étant connus, les autres peuvent être aisément déterminés. Des facteurs analogues et aussi importants régissent la communication par fil ; mais dans ce dernier mode, les progrès réalisés permettent de vaincre les influences parasites, de sorte que le rapport de la puissance parasite à la puissance émise peut être abaissé par la diminution du premier terme plutôt que par l'augmentation du second.

Données expérimentales concernant le niveau minimum de transmission.

La valeur qu'il convient de donner dans la pratique réelle au rapport des niveaux de transmission des ondes de signaux et des



ondes parasites parvenant au poste récepteur, dépend de la nature de la communication, qui peut être téléphonique ou télégraphique, par exemple, et du degré d'intensité requis par le genre de service. Il y a une grande différence entre le niveau de transmission qui permettra à un opérateur habile de discerner nettement des signaux téléphoniques, et le niveau qui assure en toutes circonstances des conversations suffisamment claires dans un système desservi directement par le public ordinaire. Dans des conditions statiques favorables, le niveau de transmission peut descendre à des valeurs excessivement faibles ; si une réduction sensible de l'affaiblissement s'ajoute à ces conditions favorables, comme cela se produit parfois pendant la nuit et pour de faibles longueurs d'ondes lorsqu'il y a absence réelle de toute absorption, on parvient à franchir des distances relativement considérables avec des puissances très minimes, si on les compare à celles que nécessite le service ordinaire. Des conditions aussi favorables se rencontrent fréquemment comme le prouvent les résultats obtenus pendant la nuit par des amateurs, qui opèrent par delà l'Atlantique ou qui perçoivent dans les eaux australiennes les signaux émis par l'île Catalina dont le rayon d'action n'excède pas 30 milles ou 48 kilomètres. Les courbes de la figure 3 expliquent ce phénomène : en supprimant tout affaiblissement par absorption la courbe pour 1.000 kilocycles, 300 mètres montre qu'à 3.000 milles (4.800 kilomètres) l'équivalent de transmission est majoré d'une quantité correspondant à la différence entre 10,8 et 5,2 pour la valeur de $\log \frac{I_1}{I_2}$, soit de 5,6, ce qui représente un peu plus de 100 milles de câble standard. Les pertes restantes, qui ne comprennent plus que la dispersion ou 5 unités, soit 100 milles de câble standard, sont compensées par l'amplification au départ et à l'arrivée.

Dans les circuits à deux voies, la perturbation peut se produire dans une voie seulement ou dans les deux voies à la fois, par l'élévation de la puissance parasite à un niveau voisin de celui qu'ont atteint les signaux à l'extrémité réception du circuit éther ; elle peut provenir également de la chute des ondes de signaux elles-mêmes au-dessous du niveau des ondes parasites, par suite d'une

absorption atmosphérique anormale. Une communication convenable ne sera obtenue qu'en fournissant à la station réceptrice une intensité d'onde capable de surmonter les fluctuations qui se présentent dans l'intensité des perturbations dues aux éléments et à l'absorption. Ce qui précède met en lumière l'importance du rapport entre les niveaux pratique et théorique de transmission laissant une marge de sécurité suffisante pour assurer les diverses catégories de service. Les valeurs suivantes des niveaux minima de transmission sont utiles à connaître :

a) Pour la transmission téléphonique par fil avec courant porteur à des fréquences comptées par dizaines de mille cycles, on peut prendre comme limite le niveau « statique » ordinaire, bien que quelque influence momentanée de la haute fréquence soit possible. Sauf dans le cas des lignes exceptionnellement bien équilibrées pour ces fréquences, la transmission doit être maintenue au-dessus d'un niveau minimum tel que $\log_{10} \frac{I_1}{I_2} = 1{,}2$ soit environ 25 milles de câble standard au-dessus de l'origine.

b) Bien que les données soient encore rares, nous avons obtenu quelques indications intéressantes pour la transmission par radio. Dans le système radiotéléphonique de l'île Catalina, l'intensité maximum de champ est estimée à environ 1.000 microvolts par mètre ; le circuit est parfois très bruyant pendant l'été, mais pas au point d'être inutilisable. Au cours d'expériences radiotéléphoniques, un vaisseau transmettant de l'Atlantique vers la côte américaine a pu opérer avec une intensité de champ plus faible, descendant même à 100 microvolts par mètre ; mais cette dernière valeur donne une qualité de service beaucoup inférieure au minimum exigé dans la transmission téléphonique par fil.

c) Les meilleures données relatives au niveau minimum pour la radiotélégraphie sont fournies par le service transatlantique. Les valeurs admises actuellement pour la radiotélégraphie transatlantique sont comprises entre 10 et 100 microvolts par mètre, suivant les cas particuliers et les époques de l'année.

ÉQUIVALENT NET DE TRANSMISSION.

L'équivalent net de transmission du système représenté à la figure 4 est le rapport de la puissance émise à la puissance reçue et est mesuré par la différence entre les niveaux de transmission aux deux extrémités de la courbe. Cette différence relativement faible est la différence entre deux quantités considérables, le total des pertes et le total des gains. Des changements peu importants dans l'affaiblissement ou dans l'amplification peuvent donc occasionner des modifications sensibles de l'équivalent, et provoquer l'instabilité des caractéristiques de transmission du circuit.

Ces fluctuations acquièrent une importance capitale aussi bien en radio que par fil, lorsqu'il est fait usage de très hautes fréquences. Si on veut employer pour la transmission par fil à de très grandes distances, un courant porteur à 1.000.000 de cycles, par exemple, les pertes seront non seulement très élevées, mais encore très variables avec les conditions atmosphériques ; le maintien d'une intensité constante de transmission serait extrêmement difficile. Il en est de même en radio, où les fluctuations de l'affaiblissement par absorption provoquent, particulièrement aux grandes distances et avec une faible longueur d'onde, des effets de sifflement qui s'opposent au maintien d'une intensité constante de transmission. Aux très hautes fréquences, ces fluctuations sont très étendues et présentent des différences notables entre le jour et la nuit.

Il est utile d'avoir une idée de la valeur de l'équivalent total qui assure une bonne communication téléphonique. En téléphonie par fil, l'équivalent total entre les abonnés est fixé d'ordinaire aux environs de 30 milles de câble standard, valeur pour laquelle

$$\log_{10} \frac{I_1}{I_2} = 1,4.$$

Dans les circonstances favorables, des conversations peuvent être échangées pour des valeurs beaucoup supérieures ; les lignes

interurbaines à grande distance sont généralement établies de façon à présenter des équivalents de 0,5 à 0,75 ou de 10 à 15 milles de câble standard. Ces chiffres peuvent servir d'indication pour la détermination des équivalents des circuits radiotéléphoniques. Lorsqu'une section en radio forme le prolongement d'un circuit en fil, il convient d'abaisser autant que possible et même de réduire à zéro l'équivalent de la section radio, ce qui revient à restituer à l'extrémité réceptrice une énergie égale à celle qui a été fournie à l'extrémité émettrice.

Circuits a double voie.

Lorsque les deux voies simples d'un système radio convergent à leurs extrémités pour se relier à un réseau téléphonique en fils, comme l'indique la figure 5, l'équivalent du système radio doit être maintenu dans des limites déterminées.

La nécessité de cette limitation provient de la tendance des deux voies simples à se réunir en boucle en formant un circuit fermé.

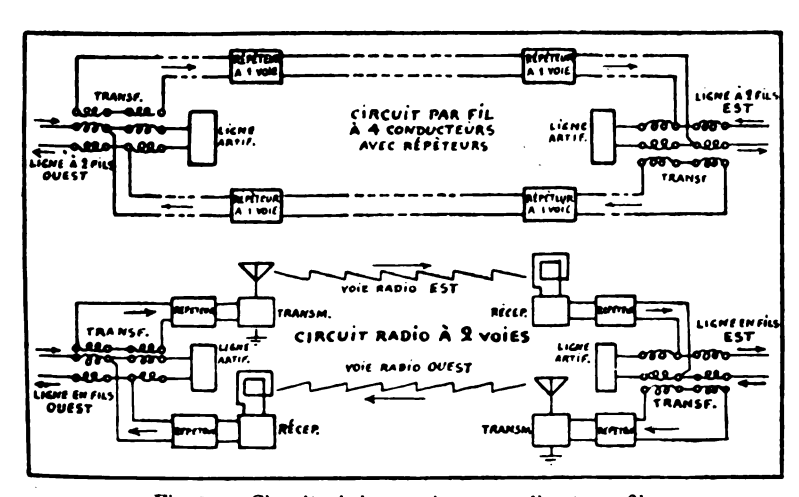


Fig. 5. — Circuits à deux voies par radio et par fil.

Si l'amplification totale dans le circuit que doivent parcourir les courants phoniques excède la perte totale, le phénomène de

sifflement se produira ; à moins que la ligne soit équilibrée pour la fréquence des courants phoniques, il sera donc impossible d'annihiler l'équivalent de transmission. En installant à chaque extrémité la ligne artificielle d'équilibrage indiquée sur la figure, on introduit sur chaque voie, à l'extrémité réceptrice, une perte de transmission qui tend à s'opposer à la fermeture en boucle du circuit et à l'effet de sifflement. En réalité le degré d'équilibre que l'on peut obtenir entre la ligne réelle et la ligne artificielle est limité, particulièrement dans le cas où la ligne téléphonique doit être reliée à un bureau central voisin ; cette circonstance jointe à la nécessité de laisser une marge de sécurité entre l'état de fonctionnement normal et l'état de sifflement, empêche d'utiliser le circuit radio dans des conditions bien meilleures que si son équivalent était nul. L'obtention dans la pratique réelle de l'équivalent convenable devient un problème exceptionnellement difficile en radiotéléphonie marine, où il faut établir des communications entre des navires dont la distance est essentiellement variable.

De plus, dans le système à double voie, l'émission et la réception simultanées par une même station introduisent une difficulté nouvelle par suite du grand affaiblissement à surmonter et de la valeur élevée du rapport entre l'énergie transmise et l'énergie captée dans l'éther. Le récepteur ne doit pas être étouffé par le transmetteur faisant partie de la même station, ce qui exige l'établissement entre les enroulements à haute fréquence d'une perte comparable à la perte dans tout le circuit radio lui-même. Cette perte de séparation peut être obtenue :

a) par des circuits sélectifs de fréquence (circuits accordés et filtrés), les fréquences d'émission et de réception étant différentes ;

b) par l'équilibrage, en utilisant le point neutre d'un récepteur d'antenne ;

c) par un espacement convenable des points d'émission et de réception, en escomptant la perte considérable due à la dispersion.

Niveaux de transmission dans les circuits mixtes par radio et par fil.

Il est intéressant de tracer le graphique approximatif des niveaux de transmission dans un circuit radio accouplé à une longue ligne terrestre pourvue de répéteurs convenablement espacés.

La figure 6 représente la ligne transcontinentale américaine prolongée en radio à ses extrémités vers l'île Catalina dans le Pacifique et vers un navire dans l'Atlantique ; on suppose une transmission s'effectuant dans le sens est-ouest. Les courants phoniques quittant le navire au niveau zéro sont portés par amplification à un niveau relativement élevé ; par la traversée en radio jusqu'à la côte supposée distante de 150 milles ou 240 kilomètres, ils sont ramenés à un niveau très bas. De la station radiocôtière, où ils sont relevés, ils parviennent à New York où ils sont amplifiés à nouveau et envoyés sur le circuit transcontinental. Le long de ce circuit des répéteurs espacés d'environ 300 milles maintiennent la transmission à son niveau initial. Parvenus à la station côtière du Pacifique, les courants phoniques sont reportés à un niveau très élevé, d'où la traversée en radio du Pacifique les ramène à un niveau très bas. En parvenant à la station réceptrice Catalina, ils sont enfin relevés à un niveau auquel ils peuvent être entendus. En réalité, l'équivalent total correspond sensiblememt à $\log_{10} \frac{I_1}{I_2} = 1{,}2$ sous le niveau zéro, ou à 25 milles de câble standard comptés vers le bas. La perte totale et le gain total sont énormes comme l'indiquent les nombres inscrits au diagramme. Cet exemple fait ressortir l'importance de la répartition et du maintien de l'amplification pour compenser des pertes qui forment un total considérable ; pour faire ressortir mieux encore l'influence de l'affaiblissement et de l'amplification, il suffit de faire remarquer que si l'énergie totale pour obtenir à la réception la même intensité de transmission devait être appliquée à l'origine du circuit sans aucune amplifi-

cation intermédiaire, sa valeur en kilowatts dépasserait le total des disponibilités du globe terrestre et serait exprimée par un nombre de 29 chiffres ; une distribution convenable de l'amplification réduit cette formidable quantité d'énergie à un peu moins d'un kilowatt ; tout revient à déterminer le niveau de transmission auquel il convient d'appliquer l'amplification.

Répéteurs intermédiaires.

La ligne transcontinentale prolongée en radio par ses extensions fournit un bon exemple de l'emploi des répéteurs intermédiaires, qui sont de deux types distincts : les répéteurs intercalaires pour ligne en fil et le répéteur côtier établissant la liaison entre la ligne terrestre et le circuit radio.

L'affaiblissement minime occasionné par les lignes terrestres en fil permet d'espacer largement les répéteurs et de les installer à des distances d'environ 300 milles ou 480 kilomètres ; on peut ainsi appliquer l'amplification à des puissances relativement faibles, ce qui est économique, et maintenir néanmoins la transmission à des niveaux beaucoup plus élevés que ceux auxquels on se restreint en radio.

Par contre, l'affaiblissement considérable dans les prolongements en radio nécessite le relèvement de la transmission à des niveaux très élevés; malgré cette amplification coûteuse et la grande dépense d'énergie, la transmission n'atteint le poste récepteur qu'à un niveau très bas ; cette différence de niveaux provient principalement de la perte par dispersion au poste émetteur du circuit radio, ainsi que l'indique la figure 7.

La figure 7 permet de comparer un système par radio à un système par fil, pourvus tous deux de répéteurs intermédiaires. Le tracé continu se rapporte au circuit radio et le tracé interrompu au circuit en fil. On voit au premier coup d'œil que la transmission par radio oscille entre des niveaux beaucoup plus écartés que la transmission par fil ; cette particularité est due à l'affaiblissement intense et à la perte considérable par dispersion.

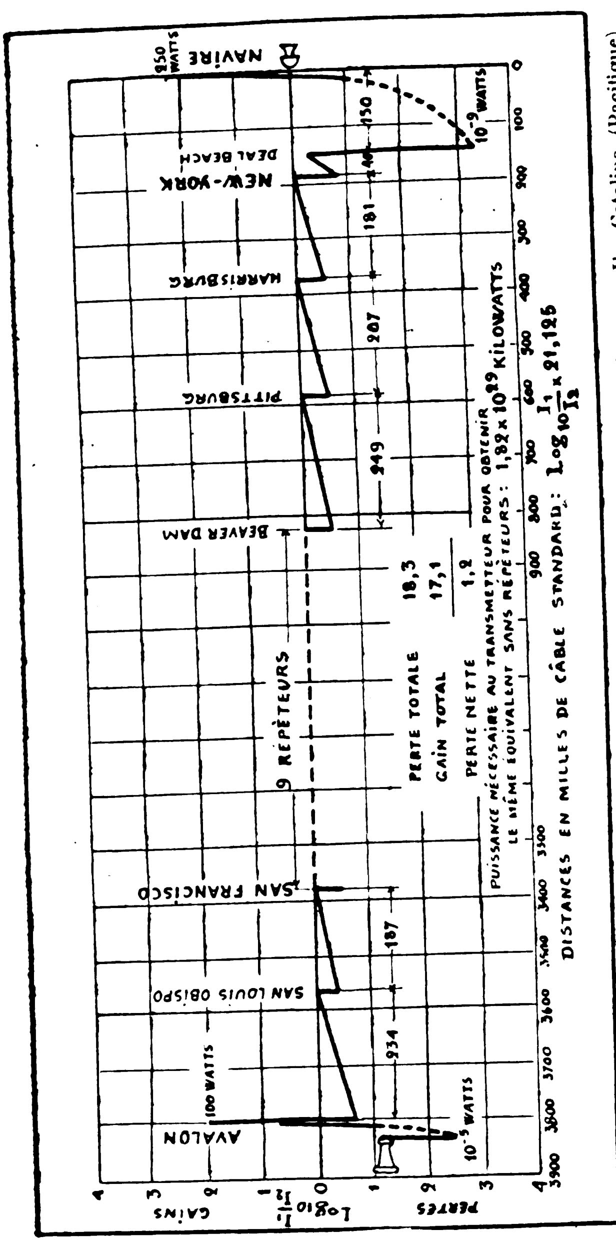


Fig. 6. — Graphique de transmission du circuit mixte (fil et radio) Océan Atlantique — Ile Catalina (Pacifique).

La figure suppose le même espacement des répéteurs intermédiaires et permet de mesurer la différence d'amplification nécessaire. Bien qu'en radio la transmission descende à des niveaux très bas, une grande partie de l'amplification totale ne doit pas moins être appliquée à des puissances élevées ; de plus, il faut à chaque poste intermédiaire une antenne compliquée pour pénétrer à nouveau dans l'éther ; il en résulte que l'emploi des répéteurs intermédiaires est moins avantageux que la transmission directe. On s'efforcera donc d'étendre encore cette transmission directe, d'autant plus que les pertes de transmission ne s'accroissent que lentement aux grandes distances. Sans nier qu'ils puissent rendre de grands services dans des cas spéciaux, les répéteurs intermédiaires n'atteindront probablement pas en radio-communication l'importance primordiale qu'ils ont acquise pour la communication par fil.

Transmission par bande simple sans courant porteur.

Pour déterminer les niveaux de transmission en radiotéléphonie, il convient de considérer l'onde modulée radiotéléphonique comme formée de deux composantes : le courant porteur d'une part, et les bandes latérales, qui forment seules la partie réellement modulée de l'onde.

La subdivision de l'onde en ses deux, ou mieux, trois composantes, le courant porteur et les deux bandes, a été exposée maintes fois et ne doit plus être rappelée ; elle est physiquement analogue à la subdivision des courants de sens unique d'un transmetteur microphonique, en un courant direct, qui représente le courant porteur, et en un courant alternatif qui serait la composante modulée.

Au point de vue de la transmission, le point essentiel à considérer réside en ce que ce sont les bandes modulées seules, et non le courant porteur, qui constituent réellement le message. Le courant porteur n'intervient que dans le détecteur du poste récepteur, pour permettre la transformation de la haute fréquence en fréquence téléphonique.

La figure 8 montre graphiquement les phénomènes successifs ; la partie inférieure représente un système radiotéléphonique à simple voie au-dessus duquel est figurée la bande phonique. Cette bande phonique est transférée par modulation à la fréquence du courant porteur ; à la station réceptrice, un détecteur

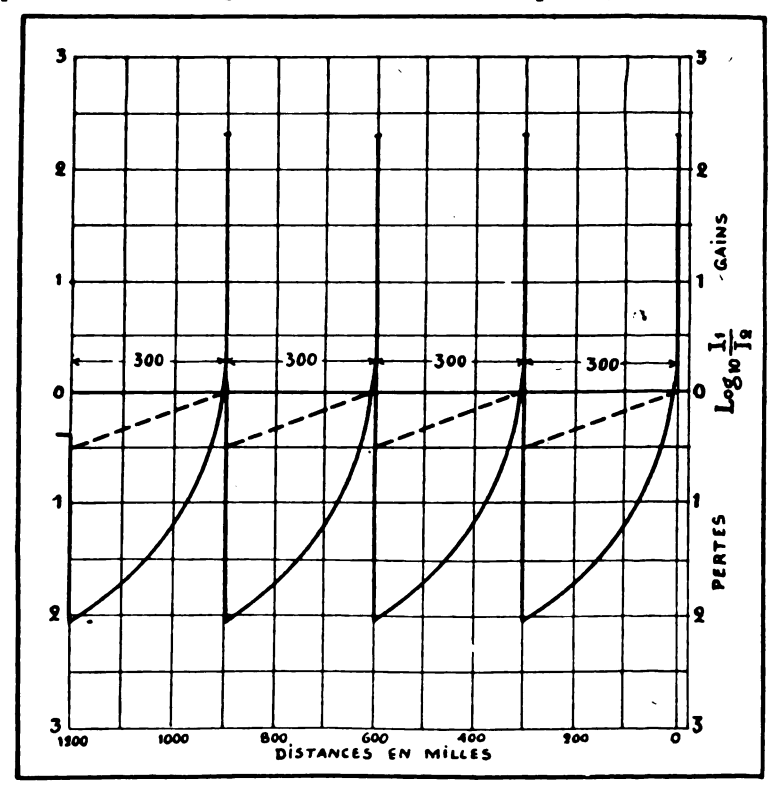


Fig. 7. — Diagramme des niveaux de transmission avec répéteurs par radio et par fil.

la ramène à la fréquence phonique. La bande phonique sortant du transmetteur microphonique ordinaire, est représentée en b_1, dans la position correspondant à sa fréquence normale. Par modulation avec le courant porteur, elle passe de la fréquence zéro du courant continu à la fréquence de ce porteur en b_2, où apparaissent les deux bandes modulées. La modulation ne fait donc qu'élever la fréquence des signaux, et reproduire ceux-ci symétriquement par rapport au courant porteur.

La composante non modulée constituant le courant porteur est représentée en b_2, entre les deux bandes modulées ; cette composante n'a aucune utilité en tant que moyen de reproduction du message ; la preuve en est qu'elle ne doit pas être transmise au récepteur. Le courant porteur peut donc être supprimé, comme

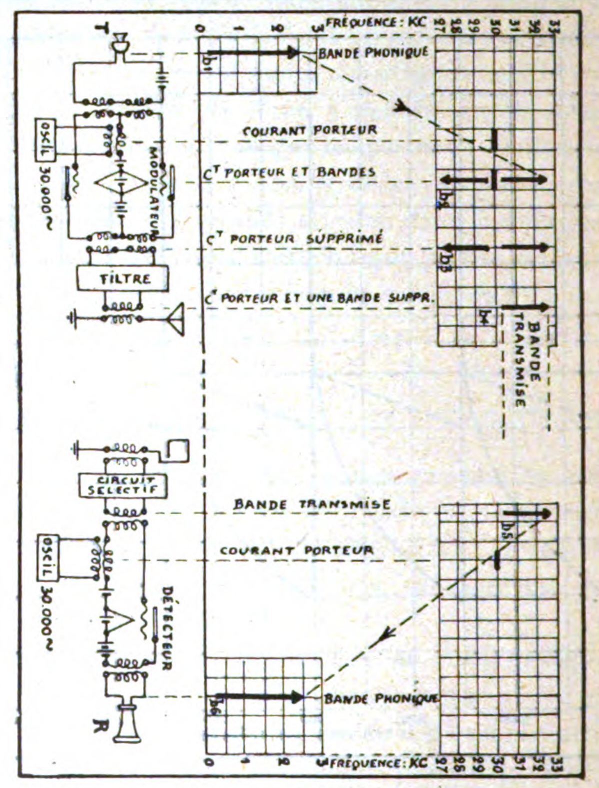


Fig. 8. — Diagramme des niveaux de transmission avec suppression du courant porteur et d'une bande de modulation.

on le voit en b_3 ; cette suppression peut se faire au moyen du modulateur équilibré Carson représenté à la partie inférieure du graphique.

On peut enfin supprimer par filtrage une des deux bandes, comme on le voit en b_4 ; la bande simple restante constitue la composante la plus réduite qui puisse servir à reproduire le message. En atteignant la station réceptrice en b_5, cette bande

est envoyée dans un détecteur en même temps qu'un courant de même fréquence que le courant porteur de départ ; ces deux composantes se démodulent, et la bande de signaux est ramenée à sa fréquence phonique comme le représente le diagramme en b_6.

La méthode par suppression du courant porteur et d'une des bandes modulées est utilisée pour la transmission par fil dans les réseaux du Système Bell aux États-Unis, et fait partie de mémoires antérieurs (1) ; il a été jugé utile de la mentionner parce qu'elle constitue un progrès considérable pouvant recevoir d'importantes applications en radio.

La composante de l'onde représentant réellement le message étant la bande modulée et non le courant porteur, on aura soin de reporter dans les graphiques de transmission les niveaux ou les intensités d'onde correspondant à la bande et non au courant porteur ; c'est pour cette raison que l'on cherche à réaliser au poste émetteur une modulation aussi complète que possible.

Il résulte de ce qui précède que l'énergie du courant porteur est dépensée en pure perte par rapport à la prédominance sur les courants parasites ; on obtiendra donc une économie notable en dotant le poste émetteur d'un dispositif permettant de supprimer l'envoi de ce courant porteur. Les deux bandes réunies ne peuvent jamais surpasser le courant porteur en intensité et en voltage ; chaque bande prise séparément ne peut jamais surpasser la moitié du courant porteur. La puissance du courant porteur vaut donc au moins quatre fois la puissance d'une seule bande, ou deux fois la puissance des deux bandes réunies. En supprimant le courant porteur, on peut donc assurer la transmission avec un tiers seulement de la puissance qui serait nécessaire autrement. En réalité, l'économie réalisée est beaucoup plus considérable à cause de la nécessité de prévoir toujours un rapport beaucoup

(1) « Carrier Current Telephony and Telegraphy », par Colpits et Blackwell, Journal of the American Institute of Electrical Engineers, février 16-18, 1921.

Voir aussi « Téléphonie et Télégraphie Multiplex au moyen de courants de haute fréquence », par Colpits et Blackwell. Annales des P.T.T., n° 2 et n° 3, 1921.



plus élevé entre le courant porteur et les bandes, pour tenir compte des sommets des ondes téléphoniques et sauvegarder la qualité de la transmission ; il est évident que l'économie est d'autant plus grande que les distances de transmission sont plus considérables.

La suppression d'une des bandes diminue de moitié la zone des fréquences occupée par la transmission, et doublerait le rendement de l'éther s'il ne fallait pas réserver certaines zones de fréquence pour séparer les différentes voies ; mais cette caractéristique de la méthode exposée n'en a pas moins une très grande importance dans la transmission aux grandes distances utilisant une grande longueur d'onde.

Qualité de la transmission.

Nous n'avons considéré dans ce qui précède que les facteurs influençant le volume ou l'intensité de la transmission, et nous n'avons fait que mentionner ceux qui intéressent la qualité de la transmission. Sans vouloir les étudier en détail, on peut énumérer comme suit les conditions principales imposées à l'obtention d'une bonne qualité de transmission :

1° La bande phonique doit être suffisamment large, c'est-à-dire comprise entre des limites de fréquences convenablement espacées. On peut évidemment rapprocher ces limites si l'on admet une certaine déformation de la conversation ; mais l'expérience a démontré qu'une bonne transmission commerciale nécessite des variations d'au moins 2.000 cycles ; la largeur de la bande augmentera avec la qualité exigée et pourra être portée à 5.000 cycles.

2° Il est indispensable d'éviter la déformation due au caractère non linéaire de la transmission par rapport à son amplitude ; il faut donc empêcher les composantes de la bande de se moduler entre elles, et éviter que les sommets des ondes phoniques soient trop fortement abaissés par les effets de saturation.

3° La transmission doit être exempte de bruits parasites. Dans la pratique par fil, on considère comme très élevé un rapport de

l'ordre du dixième entre les courants parasites et les courants phoniques ; bien qu'ils n'entravent pas totalement le service, des bruits parasites aussi intenses réduisent considérablement l'efficacité de la transmission et sont une cause de mécontentement pour celui qui écoute. En radio, le rapport des intensités des bruits parasites et des signaux est fréquemment beaucoup plus élevé ; au fur et à mesure des progrès réalisés, on devra tendre à se rapprocher des valeurs qui ont été reconnues nécessaires dans la transmission par fil.

APPENDICE.

Les courbes des figures 2 et 3 sont basées sur les équations et les données suivantes :

Les courbes radio sont tracées d'après la formule connue d'Austin Cohen :

$$I = \frac{7{,}8 \times 10^{-10}\, h_r\, h_s\, f\, I_s}{R\, d}\, e^{-4{,}4 \times 10^{-6}\, d \sqrt{f}} \qquad (1)$$

dans laquelle :

I = ampères
R = ohms
h = mètres
f = cycles
d = milles,

en supposant les hauteurs d'antennes égales aux deux extrémités ou $h_r = h_s$.

En ce qui concerne la résistance de l'antenne, on suppose la symétrie entre les deux extrémités, et la résistance externe ou de radiation égale à la résistance interne ; cette dernière serait la résistance interne des appareils dans le cas d'une antenne parfaite.

Il en résulte que R_r (résistance de radiation) = R_i (résistance ohmique) et R devient alors dans (1) = $R_r + R_i$ ou :

$$R_r = 17{,}3 \times 10^{-15}\, h^2 f^2. \qquad (2)$$

Exprimée en rapports d'intensité et en substituant à R sa valeur l'équation (1) devient

$$\frac{I_s}{I_r} = 45,5 \times 10^{-6} f d . e^{4,4 \times 10^{-6} d \sqrt{f}} \qquad (3)$$

Pour reporter cette équation en courbe comme on le fait pour l'affaiblissement dans les fils, on prend le logarithme du rapport :

$$\log_{10} \frac{I_s}{I_r} = \log_{10} 45,5 \times 10^{-6} f d + \frac{4,4 \times 10^{-6}}{2,303} d \sqrt{f} \qquad (4)$$

Le rapport des intensités dans les deux antennes est, dans ce cas, une mesure exacte de la transmission puisque les circuits ont la même impédance dans l'hypothèse d'antennes symétriques.

Données pour les courbes dans les fils.

$$a = \frac{R}{2}\sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2}\sqrt{\frac{L}{C}}$$

Pour une ligne en fil nu n° 8 B.W.G. (diamètre = $4^{mm},19$ espacement des fils = $30^{cm},5$; 40 poteaux ou supports par mille), les constantes sont, par mille et en temps sec :

$$L = 3,370 \ \mu h$$
$$C = 9,140 \ \mu\mu f.$$

Fréquences en kilocycles :

	1	20	100	1.000	
R =	0,14	10,0	21,5	65,7	ohms par mille de boucle.
G =	0,55	10,0	*50,0	*500,0	ohms par mille de boucle.
a =	0,003488	0,0112	0,03289	0,2059	

* nombres évalués approximativement.

ÉLECTRIFICATION PARTIELLE

DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS (1)

La guerre, qui nous a fait acquérir une dure expérience des conditions d'existence de peuples en « régime troublé » a fait apparaître comme évidentes, certaines vérités fondamentales, non pas précisément contestées ou ignorées, mais jugées jusque-là d'importance secondaire. C'est ainsi que l'on a dû constater que pour assurer son existence en tant que Nation, un grand pays devait pouvoir se suffire à lui-même en temps de guerre plus encore qu'en temps de paix et tirer de son propre sol les éléments nécessaires à la conservation de la vie nationale : des aliments pour ses habitants, des matières premières et de la force motrice pour ses industries, des armes et des munitions pour les armées combattantes.

L'étude poursuivie activement depuis 1917, de l'aménagement de nos chutes d'eau et de l'électrification partielle de nos chemins de fer, n'est qu'un des multiples aspects de notre effort vers une plus grande indépendance économique.

La mise en valeur de nos richesses hydrauliques va nous fournir la force motrice indispensable au travail de nos machines, la substitution de l'électricité à la vapeur va nous permettre de réduire notre consommation de charbon : chaque tonne de combustible économisée représentera une centaine de francs français qui resteront en France au lieu de passer à l'étranger.

Il ne faut pas oublier que nous avons besoin d'économiser le combustible, car notre consommation, même avant la guerre, était très supérieure à notre production nationale ; en 1913, nous

(1) Conférences données à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes les 3 et 10 février 1923, par M. Parodi, Ingénieur en chef des Services électriques de la Cie d'Orléans.



consommions environ 65 millions de tonnes par an, alors que la production de nos mines atteignait à peine 40 millions de tonnes (1).

Depuis la guerre, bien que notre consommation soit restée inférieure à 50 millions de tonnes par an, nous avons dû continuer à acheter du charbon à l'étranger, du fait de la réduction de la production de nos mines du Nord et de l'Est, détruites ou inondées par les Allemands.

La consommation de houille en France, si elle recommence à croître au taux d'avant-guerre, qui était de 2 millions de tonnes par an (44,8 millions en 1903 — 54,6 millions en 1908 — 64,7 millions en 1913) atteindra, dans une quinzaine d'années, 70 à 80 millions de tonnes.

Il importe donc de faire immédiatement un effort considérable pour intensifier la production de nos usines de France et d'Algérie et utiliser en grand nos ressources en houille blanche.

La France est particulièrement bien dotée en énergie hydraulique et elle est au premier rang des pays de l'Europe comme le fait ressortir l'examen du tableau ci-dessous :

	Puissance hydro-électrique disponible en eaux moyenne, en chevaux.	Puissance aménagée en HP.	Puissance aménagée en °/₀ de la puissance disponible.
France	9.500.000 HP	1.900.000 HP	20 °/₀
Norvège	7.500.000	1.120.000	14,9
Suède	6.750.000	704.000	15,9
Autriche-Hongrie	6.450.000	566.000	10,4
Italie	5.500.000	1.076.000	19,6
Espagne	5.000.000	500.000	10
Suisse	3.000.000	526.000	17,5
Allemagne	1.450.000	618.000	42,6
Angleterre	396.000	—	—

(1) La consommation de combustible en France se répartissait ainsi qu'il suit :

Métallurgie	13.545.000 t.	soit	19,4 °/₀
Chemins de fer	9.069.000	—	14 °/₀
Industrie des mines	5.054.000	—	7,8 °/₀
Usines à gaz	4.650.000	—	7,2 °/₀
Marine marchande	1.720.000	—	2,6 °/₀
Consommation domestique	11.979.000	—	18,5 °/₀
Industries diverses	19.811.000	—	30,5 °/₀
	64.834.000 t.		100 °/₀

Les puissances disponibles en France se répartissent d'ailleurs approximativement entre les diverses régions comme il est indiqué ci-dessous :

Région du Sud-Est		45,5 % environ,
Région du Sud-Ouest		16,7 %
Région du Centre		12,2 %
Région de l'Est		2,2 %
Grands fleuves :	Rhône	10 %
	Rhin	8,9 %
	Loire	3,3 %
	Garonne	2,2 %
		100 %

La puissance hydraulique actuellement aménagée en France est de l'ordre de 1.900.000 HP.

Le travail utile effectué avec un kilowatt-heure haute tension étant équivalent à celui que peuvent produire 2, 3 ou même 4 kg. de charbon, suivant la nature de l'industrie considérée, on voit que la quantité de combustible économisée dès maintenant, du fait de l'aménagement de 1.900.000 HP., est de l'ordre de 10 millions de tonnes.

La substitution progressive de la houille blanche à la houille noire par l'intermédiaire de l'électricité permettra d'assurer, non seulement notre indépendance économique, mais encore de donner un nouvel essor à toutes nos industries nationales.

La mise en valeur de nos richesses hydrauliques a été entreprise en France beaucoup trop tard et d'une façon trop dispersée pour que les Compagnies de Chemins de fer puissent songer en général à se faire alimenter par les réseaux électriques existants : ces réseaux, quand ils existent, ont une capacité trop faible pour répondre aux besoins de la traction.

Aussi, bien que l'expérience acquise dans presque tous les pays du monde, démontre les avantages de la production de l'énergie dans des réseaux non spécialisés, est-on amené fatalement à envisager comme première étape de réalisation du travail d'électrification, l'aménagement d'usines hydrauliques qui seront affectées, au début de leur exploitation, à l'alimentation presque exclusive, soit des services de traction des chemins de fer, soit d'une industrie particulière.

Mais ce n'est là qu'une situation passagère. On a observé en effet, dans tous les pays, dès la mise en service des premières lignes de traction, qu'il était avantageux, aussi bien au point de vue de la sécurité qu'à celui de l'économie, d'arriver à la conception de réseaux maillés de distribution, chaque centre de consommation pouvant recevoir de l'énergie par plusieurs voies.

Réseau national de distribution.

C'est précisément parce qu'en France, on a considéré que cette évolution était inéluctable, que l'on a tout fait pour la favoriser en la dirigeant. Les réseaux de traction comme les réseaux industriels devront pouvoir constituer un réseau unique de distribution électrique grâce à l'emploi d'une forme unique de courant pour la production et le transport de l'énergie : savoir le courant triphasé à la fréquence industrielle de 50 périodes par seconde.

Cette unification de la forme du courant paraît presque aussi nécessaire au développement de l'industrie électrique que celle des gabarits des voies pour les chemins de fer et il est probable que, peu à peu, on reconnaîtra qu'il est désirable d'étendre cette unification à l'ensemble des réseaux européens.

La réalisation d'un réseau unique de transport procure des avantages considérables tant au point de vue économique qu'au point de vue de la sécurité. L'alimentation par des sources multiples est une garantie de la continuité de la fourniture : cette continuité d'alimentation, indispensable pour toutes les électrifications étendues, qu'il s'agisse d'éclairage ou de force motrice, est particulièrement importante pour les chemins de fer, où une interruption de courant, même de courte durée peut entraîner des perturbations importantes de service. En temps de guerre, un avion ennemi pourra avarier une centrale, détruire une sous-station, couper une ligne de transport de force, mais dans les réseaux maillés comme ceux que l'on se propose de réaliser maintenant, la marche ne pourra pas être interrompue d'une façon durable.

La conjugaison des usines thermiques et des centrales hydrauliques permet d'assurer une utilisation presque intégrale de l'énergie disponible de ces dernières. La régularisation saisonnière et interannuelle qu'il est, en général, impossible de réaliser pratiquement avec des réservoirs accumulateurs de prix acceptable, peut être obtenue dans des conditions raisonnables, grâce à l'interconnexion entre centrales thermiques de moyenne importance et usines hydro-électriques placées dans des bassins différents.

Les débits des cours d'eau de régime pluvial et de régime glaciaire étant à peu près complémentaires, on pourra réaliser une compensation et une régularisation presque parfaite des puissances disponibles à chaque instant de l'année en conjuguant les usines du Massif Central avec celles des Alpes et des Pyrénées.

Dans les industries différentes, les périodes de forte consommation sont rarement coïncidentes et du fait de la diversité des horaires de charge, il se produit une régularisation de la demande d'énergie ; dans les grands réseaux de distribution, la pointe maxima annuelle dépasse rarement 60 à 70 % de la somme des pointes correspondant à chaque industrie.

En résumé, la multiplicité des sources et la diversité des charges sont les facteurs principaux de la sécurité et de l'économie d'une distribution d'énergie ; les avantages obtenus étant d'autant plus considérables que le réseau est plus étendu.

Cette conception d'un réseau national de distribution n'est pas simplement théorique : elle a déjà été réalisée pratiquement ailleurs. En Californie, grâce au développement des transports de force à grande distance vers San-Francisco et Los Angelès, toute une poussière de réseaux locaux de distribution s'est agglomérée pour constituer un système unique de lignes d'énergie. Le Gouvernement américain essaie de provoquer dans l'est des États-Unis un mouvement analogue et il est probable qu'à bref délai la région comprise entre le Canada et les Monts Alléghanys « superpower zone » sera sillonnée de lignes à très haute tension reliant entre elles les usines thermiques entourant les grandes villes de New-York, de Boston, de Philadelphie,

Mais ce n'est là qu'une situation passagère. On a observé en effet, dans tous les pays, dès la mise en service des premières lignes de traction, qu'il était avantageux, aussi bien au point de vue de la sécurité qu'à celui de l'économie, d'arriver à la conception de réseaux maillés de distribution, chaque centre de consommation pouvant recevoir de l'énergie par plusieurs voies.

Réseau national de distribution.

C'est précisément parce qu'en France, on a considéré que cette évolution était inéluctable, que l'on a tout fait pour la favoriser en la dirigeant. Les réseaux de traction comme les réseaux industriels devront pouvoir constituer un réseau unique de distribution électrique grâce à l'emploi d'une forme unique de courant pour la production et le transport de l'énergie : savoir le courant triphasé à la fréquence industrielle de 50 périodes par seconde.

Cette unification de la forme du courant paraît presque aussi nécessaire au développement de l'industrie électrique que celle des gabarits des voies pour les chemins de fer et il est probable que, peu à peu, on reconnaîtra qu'il est désirable d'étendre cette unification à l'ensemble des réseaux européens.

La réalisation d'un réseau unique de transport procure des avantages considérables tant au point de vue économique qu'au point de vue de la sécurité. L'alimentation par des sources multiples est une garantie de la continuité de la fourniture : cette continuité d'alimentation, indispensable pour toutes les électrifications étendues, qu'il s'agisse d'éclairage ou de force motrice, est particulièrement importante pour les chemins de fer, où une interruption de courant, même de courte durée peut entraîner des perturbations importantes de service. En temps de guerre, un avion ennemi pourra avarier une centrale, détruire une sous-station, couper une ligne de transport de force, mais dans les réseaux maillés comme ceux que l'on se propose de réaliser maintenant, la marche ne pourra pas être interrompue d'une façon durable.

La conjugaison des usines thermiques et des centrales hydrauliques permet d'assurer une utilisation presque intégrale de l'énergie disponible de ces dernières. La régularisation saisonnière et interannuelle qu'il est, en général, impossible de réaliser pratiquement avec des réservoirs accumulateurs de prix acceptable, peut être obtenue dans des conditions raisonnables, grâce à l'interconnexion entre centrales thermiques de moyenne importance et usines hydro-électriques placées dans des bassins différents.

Les débits des cours d'eau de régime pluvial et de régime glaciaire étant à peu près complémentaires, on pourra réaliser une compensation et une régularisation presque parfaite des puissances disponibles à chaque instant de l'année en conjuguant les usines du Massif Central avec celles des Alpes et des Pyrénées.

Dans les industries différentes, les périodes de forte consommation sont rarement coïncidentes et du fait de la diversité des horaires de charge, il se produit une régularisation de la demande d'énergie ; dans les grands réseaux de distribution, la pointe maxima annuelle dépasse rarement 60 à 70 °/₀ de la somme des pointes correspondant à chaque industrie.

En résumé, la multiplicité des sources et la diversité des charges sont les facteurs principaux de la sécurité et de l'économie d'une distribution d'énergie ; les avantages obtenus étant d'autant plus considérables que le réseau est plus étendu.

Cette conception d'un réseau national de distribution n'est pas simplement théorique : elle a déjà été réalisée pratiquement ailleurs. En Californie, grâce au développement des transports de force à grande distance vers San-Francisco et Los Angelès, toute une poussière de réseaux locaux de distribution s'est agglomérée pour constituer un système unique de lignes d'énergie. Le Gouvernement américain essaie de provoquer dans l'est des États-Unis un mouvement analogue et il est probable qu'à bref délai la région comprise entre le Canada et les Monts Alléghanys « superpower zone » sera sillonnée de lignes à très haute tension reliant entre elles les usines thermiques entourant les grandes villes de New-York, de Boston, de Philadelphie,

aux centres hydrauliques en service du Niagara et de l'Hudson à celles en projet sur le Potomac, la Susquehanna et la Delaware.

En France, plus que partout ailleurs, la constitution d'un pareil réseau est une opération de réalisation délicate et laborieuse en raison des intérêts multiples et presque toujours opposés qu'il faut concilier. A ce point de vue, l'État pourra intervenir d'une façon efficace pour coordonner les efforts, suggérer un programme d'ensemble, subventionner les grands réseaux.

Les Compagnies de Chemins de fer en général et la Compagnie d'Orléans en particulier ont étudié leurs projets d'électrification de manière à ce que les installations particulières qu'elles vont réaliser progressivement puissent former ensuite un ensemble cohérent, susceptible d'être alimenté sans modification, par le réseau national de distribution.

Tension des lignes et capacité de transport.

Le réseau national de distribution doit être conçu de manière à comporter un système de lignes à très haute tension, permettant de transporter de grosses quantités d'énergie des grands centres de production aux grands centres de consommation et de plus, des lignes de tension relativement élevée, mais encore facilement maniables, permettant de diffuser l'énergie dans la région comprise entre les postes principaux de transformation. Ces postes principaux de transformation et de régulation de la tension devront constituer les sommets des mailles du réseau, mailles qui devront avoir, suivant les régions, une longueur de 100 à 200 kilomètres.

Pour déterminer approximativement, les tensions les plus économiques à adopter pour le transport à une distance donnée d'une quantité d'énergie également donnée, on peut appliquer la formule empirique que M. Still a déduite de l'étude de différents réseaux américains en service ou en projet.

Cette formule est la suivante :

$$E = 5,5 \sqrt{\frac{X}{1,609} + \frac{P}{100}}$$

dans laquelle

X représente la distance de transport en kilomètres,

P, la puissance à transporter en kw.,

E, la tension la plus économique de transport exprimée en kilovolts.

L'application de cette formule aux transports que l'on aura probablement à réaliser en France (ceux des Alpes ou du Massif Central vers Paris, par exemple) conduit, pour une puissance de 40.000 kws et une distance de 500 kms, à une tension de 145.000 volts.

Pour le transport d'une puissance de l'ordre de 100.000 kws à la même distance, la tension devrait être de l'ordre de 200.000 v.

C'est pour cette raison que, dans la plupart des installations actuellement étudiées, notamment celles en cours d'exécution sur le réseau de la Cie d'Orléans, on construit des lignes susceptibles de fonctionner dès maintenant à la tension de 150.000 v. et dans l'avenir à la tension de 220.000 v.

Le dessin A ci-contre, représente la disposition adoptée pour les pylônes de la ligne à 150.000 v. Eguzon-Orléans-Paris.

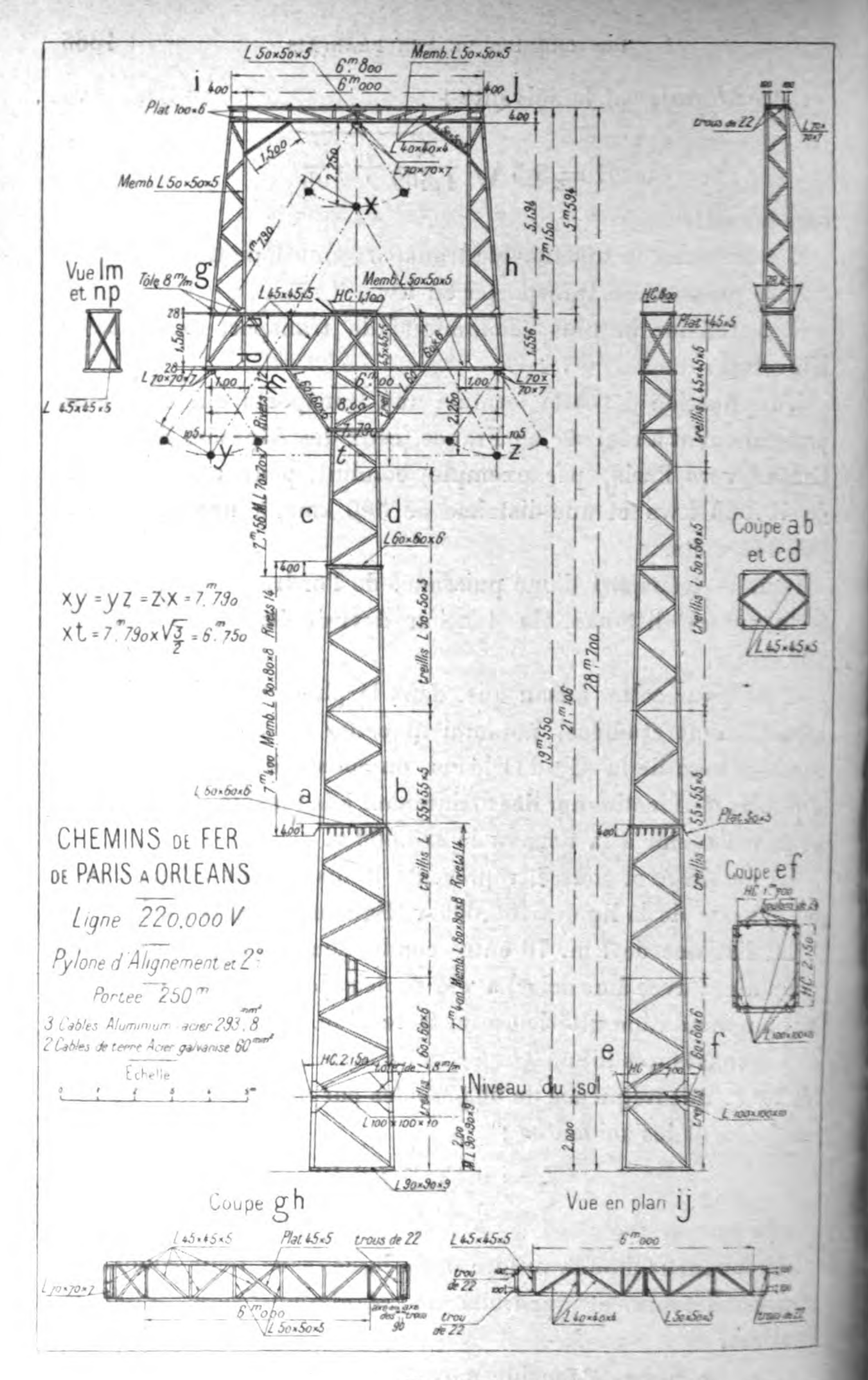
La distance de 7 m. 79 entre conducteurs de 293 mm^2 (câbles aluminium avec âme acier) a été choisie de manière à permettre une augmentation ultérieure de la tension.

Les constantes kilométriques de la ligne pour une température de 20° et une fréquence de 50 périodes par seconde sont approximativement les suivantes :

$$Z = 0,13 + j\ 0,42$$
$$Y = 0 + j.\quad 2,66 \times 10^{-6}$$

La longueur d'onde propre de la ligne, sans tenir compte des transformateurs et appareils de régulation, sera 5.824 m. environ.

Pour les lignes à tension moyenne destinées à répartir l'éner-



CHEMINS DE FER
DE PARIS A ORLEANS
Ligne 220.000 V
Pylone d'Alignement et 2°
Portee 250 m
3 Cables Aluminium acier 293.8 mm²
2 Cables de terre Acier galvanise 60 mm²
Echelle
Vue lm et np
Coupe ab et cd
Coupe ef
Coupe gh
Vue en plan ij
Niveau du sol
xy = yz = zx = 7.m790
xt = 7.m790 x √3/2 = 6.m750

Fig. 1.

gie entre postes et à alimenter les sous-stations, la tension que l'on doit choisir dépend, elle aussi, de la puissance que l'on veut transporter à une distance donnée. Dans le cas particulier du réseau de traction de la Cie d'Orléans, pour des lignes à très

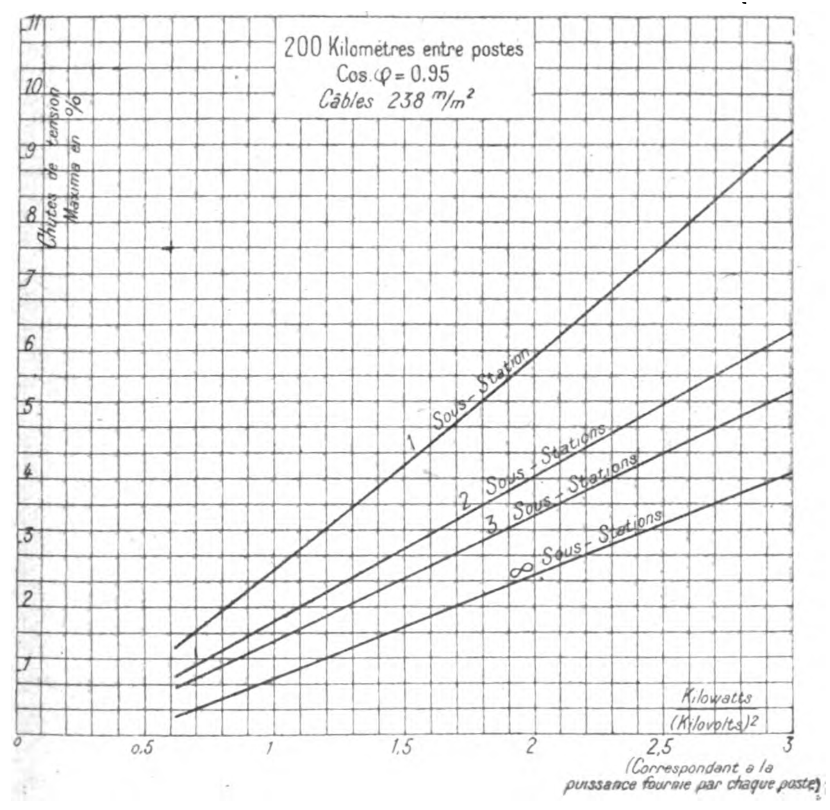


Fig. 2.

grand trafic dans lesquelles les postes de transformation à très haute tension seront écartés d'au moins 125 km., on a choisi les tensions susceptibles de permettre le transport d'une puissance de 20.000 kw. à la distance de 125 km. L'application de la formule de Still à ce cas particulier, donne 91.000 v.

Pour des distances plus faibles et une puissance plus réduite comme celles qui sont nécessaires pour les lignes de la Cie du

Midi, on arriverait à la tension de 60.000 v. qui a été choisie par cette Compagnie.

Dans le cas particuliér du réseau d'Orléans, on s'est attaché à choisir des tensions de service qui fussent entre elles dans le

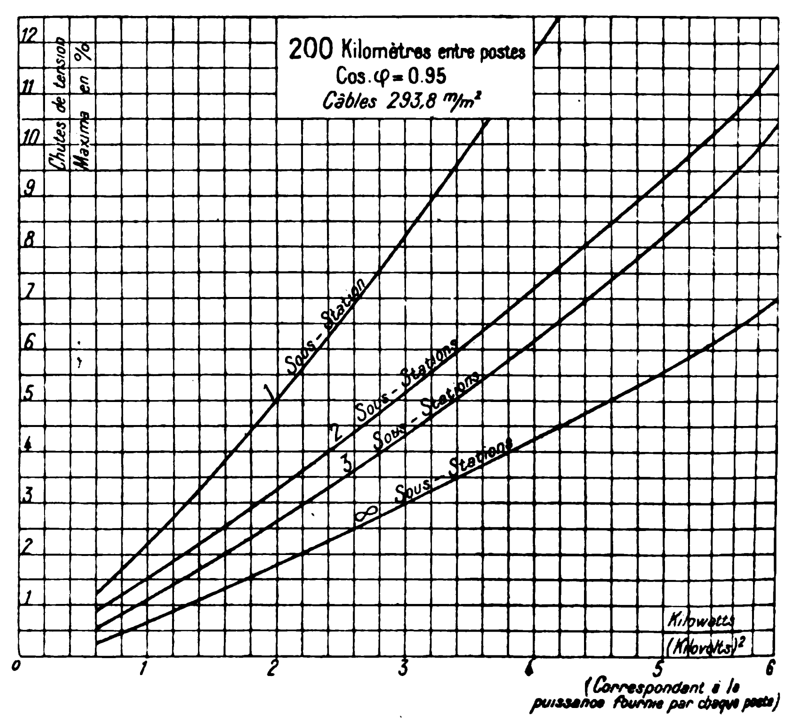


Fig. 3.

rapport de $\sqrt{3}$ afin de pouvoir éventuellement, en cas d'avaries, par des changements de connexions, permettre l'emploi des mêmes transformateurs pour les deux tensions, par simple changement de connexions étoile-triangle, en tenant compte, bien entendu, de la rotation des phases correspondantes.

Les lignes employées par la Cie d'Orléans pour l'électrification de la première partie de son réseau sont des lignes simples, portant chacune 3 conducteurs de 238 mm² de section, les écartements entre conducteurs étant respectivement de 4 m., 4 m. 62 et 5 m.08.

Les constantes de ces lignes, calculées pour une température de 20° et la fréquence de 50 périodes, sont les suivantes :

$$Z = 0,16 + j.\ 0,40$$
$$Y = 0 + j \quad 2,85 \times 10^{-6}$$

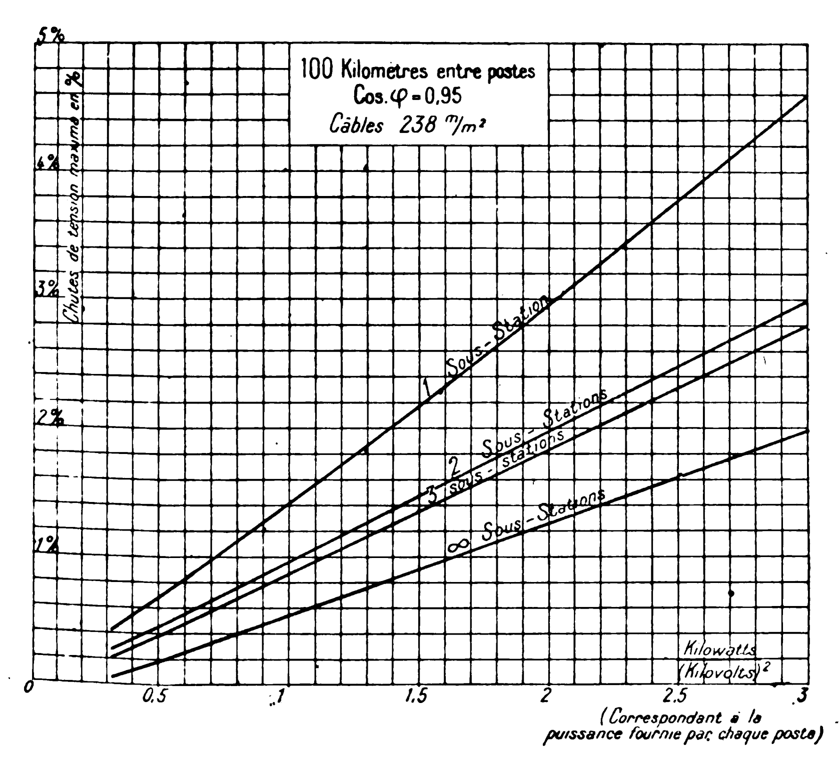


Fig. 4.

La longueur d'onde propre de la ligne est de 5.773 mètres.

Les graphiques ci-joints représentent, en fonction du rapport de la puissance en kws fournie par chaque poste à très haute tension, au carré de la tension, les valeurs de la chute de tension, en supposant qu'entre chaque poste, distants de 100 ou de 200 km., existent, une, deux ou trois ou une infinité de sous-stations équidistantes, prenant chacune la même charge avec un Cos φ de 0,95, cette valeur étant celle que l'on pourra aisément obtenir dans tous les réseaux de traction à courant continu comprenant des commutatrices ou des groupes moteurs-générateurs.

Une fois les usines construites et les réseaux de distribution constitués, il s'agit de trouver une clientèle susceptible d'absorber la totalité de la production d'énergie. C'est un problème à la fois technique et commercial qu'il est très difficile de résoudre et

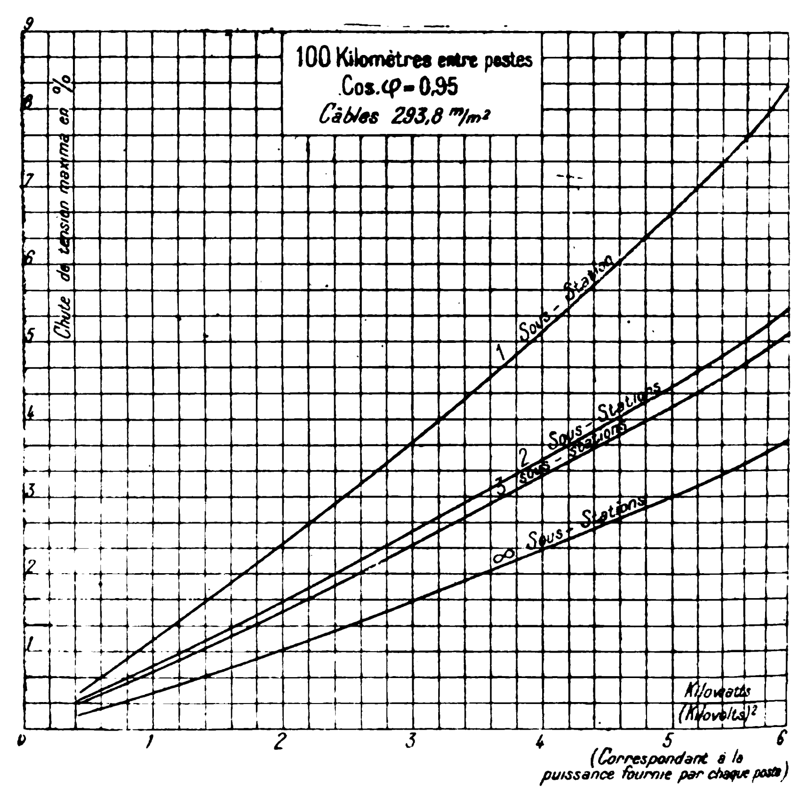


Fig. 5.

c'est pour cette raison que l'on a pensé à donner comme premier et principal client à ces nouveaux réseaux de distribution, les Cies de chemins de fer.

Les lignes de traction électrifiées seront alimentées :

Sur la Cie des Chemins de fer P.-L.-M. par les usines des Alpes,

Sur la Cie des Chemins de fer P.-O. par les usines du Massif Central,

Sur la Cie des Chemins de fer du Midi, par les usines des Pyrénées.

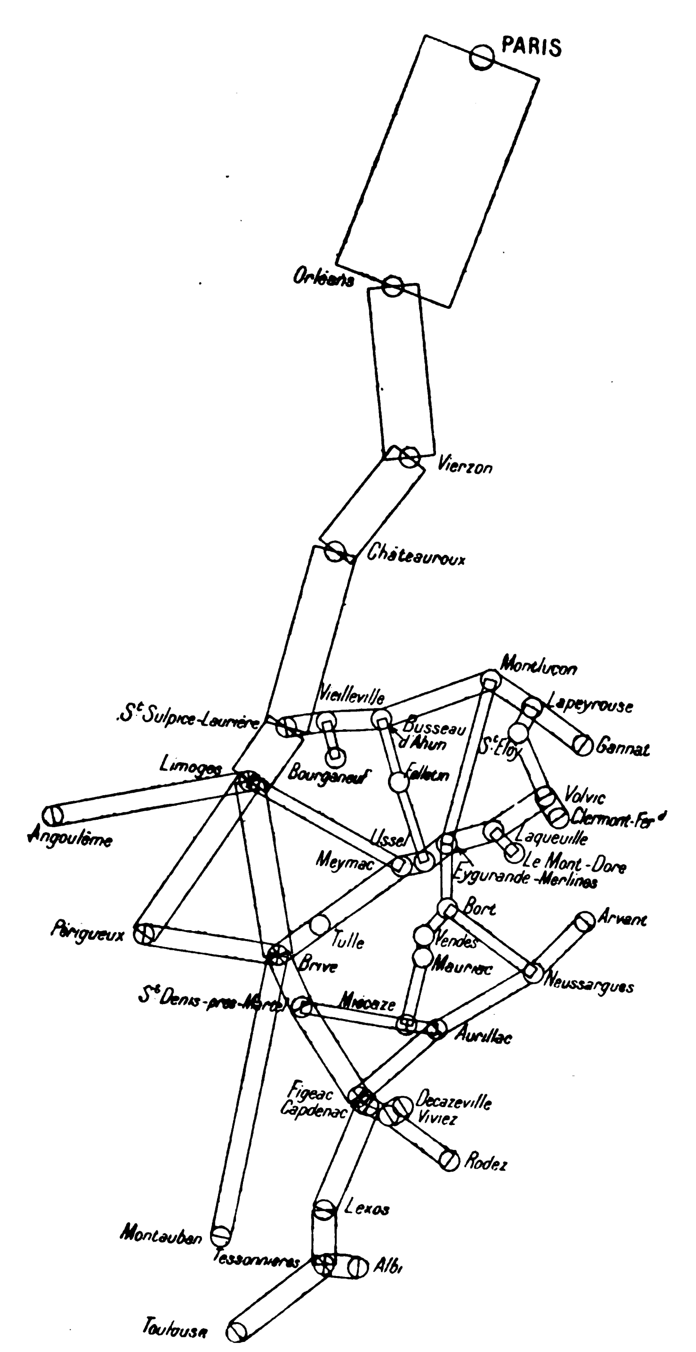


Fig. 6.

COMPAGNIE DU CHEMIN DE FER D'ORLÉANS. — MATÉRIEL ET TRACTION. — SERVICES ÉLECTRIQUES.

Graphique représentatif de la consommation moyenne annuelle de charbon par kilomètres de ligne.

La surface de chaque rectangle est proportionnelle à la consommation globale de charbon pour la section considérée, en 1913.

La largeur de chaque rectangle représente la consommation moyenne par kilomètre de ligne.

Bien entendu, tous ces réseaux devront être interconnectés entre eux dans l'avenir afin de se prêter un mutuel appui, de même que le matériel roulant des différentes Compagnies de chemins de fer devra pouvoir passer sans difficulté d'une ligne sur l'autre.

Unification des systèmes de traction.

C'est pour cette raison que, de même qu'on avait unifié la forme du courant transporté, on a songé à unifier la forme du courant utilisé par les tracteurs, locomotives ou automotrices.

A la suite de longues discussions et d'études effectuées, par une Commission instituée par le Ministère des Travaux Publics, Commission comprenant des représentants de l'Administration et des Chemins de fer, il a été fait choix du système à courant continu haute tension.

L'exemple de la France a déjà été suivi par un grand nombre de pays, comme l'Angleterre, la Belgique, la Hollande, l'Espagne, ainsi que l'Australie, le Brésil, le Chili, le Japon et l'Afrique du Sud.

Ces décisions ont été entraînées par le succès indiscutable de nombreuses électrifications américaines et anglaises, notamment celles du Chicago-Milwaukee-Saint-Paul à 3.000 v., du Butte Anaconda, à 2.400 v., de la banlieue de Melbourne, à 1.500 v., de la banlieue de Manchester à 1.200 v., de la ligne de Shildon à Newport, à 1.500 v. et enfin de la ligne de Turin à Lanzo, à 4.000 v.

En France, le ministère des Travaux Publics et les Compagnies de chemins de fer se sont mis d'accord en 1919 pour adopter la tension 1.500-3.000 v. pour l'alimentation des lignes de contact, la tension de 1.500 v. devant être utilisée pour les lignes à trafic intense dont l'électrification est actuellement prévue, la tension de 3.000 v. étant réservée en principe aux lignes à faible trafic ou aux lignes où circuleront les locomotives très puissantes.

Les machines à 3000 v. munies d'un nombre pair de moteurs à 1.500 v. isolés pour 3.000 v. pourront circuler sur les lignes à

1.500 v. exactement aux mêmes vitesses et en remorquant les mêmes charges que sur les lignes à 3.000 v.; le passage d'une tension à l'autre pouvant se faire très simplement en changeant le couplage de deux moteurs conjugués.

D'autres pays, cependant, comme l'Allemagne, la Suisse, la Norvège, la Suède, avaient déjà fait choix, pendant la guerre, du système de traction monophasé à la fréquence de 15 périodes par seconde. L'emploi de cette fréquence relativement faible, différente de celle des courants industriels, impose la constitution de deux réseaux de transport de force, absolument distincts, ce qui complique d'une façon considérable, non seulement leur installation, mais leur exploitation. On pourrait cependant concevoir, même avec la traction monophasée à 15 périodes, la constitution d'un réseau unique de distribution à 50 périodes, à condition de prévoir, pour chaque ligne monophasée, des changeurs de fréquence, comme cela a déjà été fait au Norfolk and Western pour permettre à un réseau industriel à 60 périodes d'alimenter éventuellement la ligne de traction monophasée à 25 périodes. Mais une disposition de ce genre entraîne l'emploi de sous-stations rotatives de transformation dans les lignes de traction à courant alternatif simple ou triphasé ce qui fait perdre à ce système l'un de ses principaux avantages, celui de la simplicité de la distribution.

Parmi les nombreuses raisons qui militent en faveur de l'emploi du courant continu comme courant unifié de traction dans des pays comme le nôtre, la réduction des phénomènes d'interférence entre lignes de traction et lignes à courant faibles : lignes de signaux de télégraphe, de téléphone, est l'une des plus importantes ; nous insisterons tout particulièrement sur ce point à la fin de la présente étude.

Choix des lignes a électrifier.

Différentes Compagnies françaises de Chemins de fer ont électrifié depuis longtemps, certaines lignes de leur réseau : les Compagnies d'Orléans et de l'Ouest-Etat ont électrifié, il y a plus de

20 ans, une partie des lignes à grand trafic de leur banlieue parisienne. Le P.-L.-M. et le Midi ont électrifié des lignes de montagne à fortes déclivités, ligne du Fayet à Chamonix sur le P.-L.-M., ligne de Villefranche à Bourg-Madame sur le Midi.

Ces différentes compagnies se sont préoccupées depuis longtemps d'étendre l'électrification aux grandes lignes en vue d'utiliser l'énergie hydro-électrique des chutes existant dans les régions desservies par leurs réseaux.

Le P.-L.-M. a étudié notamment l'électrification des lignes de Marseille à Menton en utilisant le courant électrique produit par la Société l'Energie Electrique du Littoral et la compagnie d'Orléans celles des lignes de profil difficile de la région de Montluçon pour utiliser l'énergie hydro-électrique du Massif Central. Le chemin de fer du Midi avait, dès avant la guerre, décidé de poursuivre l'électrification étendue de son réseau en courant monophasé et les travaux avaient été poussés assez activement pour réaliser de 1912 à 1914 l'équipement de la section de Villefranche à Perpignan et de diverses lignes convergeant vers Tarbes.

En ce qui concerne la compagnie d'Orléans, une étude sommaire de l'électrification des lignes à forte déclivité du Massif Central, faite en 1910, n'a pas été poussée à fond, en raison des craintes qu'inspirait alors l'emploi de l'électricité.

Le terrain n'était pas encore suffisamment préparé pour que l'on pût songer à une réalisation pratique des réservoirs accumulateurs et de l'interconnexion entre centrales hydrauliques et centrales thermiques placées sur le pas des mines.

Il faut bien reconnaître d'ailleurs que les prix de combustibles pratiqués à l'époque ne rendaient pas très attrayante l'opération financière que constitue l'électrification.

L'étude des chutes du Massif Central, reprise vers 1916, a été poussée activement avec le concours du Ministère et un premier projet d'électrification partielle du réseau d'Orléans a été mis sur pied en 1918. C'est ce projet qui est résumé dans la plupart des documents officiels actuellement publiés. Il comporte l'équipement électrique de la presque totalité des lignes voisines des chutes de la Haute-Dordogne et il n'envisage aucune liaison avec le réseau national de distribution.

En 1919, nous avons fait une étude plus complète des lignes sur lesquelles l'électrification était le plus justifiée et il a été reconnu qu'il était naturel de se laisser guider, dans le choix des lignes à électrifier, par le souci de réaliser l'économie de charbon la plus grande possible. A longueur égale de ligne équipée électriquement, cette économie sera naturellement la plus grande sur les lignes à grand trafic.

Le graphique ci-contre indique approximativement, pour les différentes lignes du réseau d'Orléans, la valeur moyenne de la densité linéaire de consommation de combustible. Chaque ligne est représentée par un rectangle ayant comme longueur la longueur de la ligne est comme largeur la consommation de charbon par kilomètre de ligne ; la surface du rectangle est ainsi proportionnelle à la consommation totale de combustible sur la ligne considérée.

L'examen de ce graphique montre que ce ne sont pas les lignes accidentées qui absorbent le plus d'énergie. Une section presque plate, comme celle de Paris à Orléans, dépense plus de 1.200 tonnes de charbon par kilomètre, alors que d'autres à fortes déclivités, comme celle de Saint-Sulpice-Laurière à Gannat, ne consomment guère que 250 tonnes par kilomètre. On peut dire qu'il y aurait un intérêt plus grand à électrifier les lignes à très grand trafic de préférence aux lignes montagneuses de petit trafic, même dans le cas où on ne pourrait alimenter les premières qu'au moyen de supercentrales thermiques, à faible consommation spécifique de charbon, les secondes étant alimentées par des centrales hydrauliques, car il est évidemment préférable d'économiser 50 à 60 % d'une forte consommation que 100 % d'une petite.

La compagnie d'Orléans se propose d'électrifier en première étape les lignes de :

Paris à Brive.....	528 km. de route	1197 km. de voie simple
St-Sulpice à Gannat..	190 km. de route	221 km. de voie simple
Brive à Clermont .	198 km. de route	217 km. de voie simple
	916 km.	1.635 km.

soit au total 916 km. de ligne et 1.635 de voies principales sans compter les voies de garage et de triage.

La consommation de charbon pour l'ensemble de ces lignes atteignait 450.000 tonnes en 1923 et on peut penser qu'elle dépasserait 700.000 tonnes en 1930 si elles continuaient à être exploitées à vapeur. C'est cette consommation de combustible qu'il s'agit de réduire ou de supprimer en remplaçant dans la plus large mesure possible la houille noire par de la houille blanche.

Ce résultat sera obtenu en utilisant les usines hydrauliques du Massif Central dont la concession a été accordée à la Cie d'Orléans par la loi du 11 mars 1921, ainsi que les usines hydrauliques d'Eguzon et thermique de Gennevilliers appartenant respectivement à l'Union Hydro-Electrique et à l'Union d'Electricité, Sociétés avec lesquelles la Cie d'Orléans a conclu des accords.

Grâce à ces ententes, la Cie d'Orléans disposera d'une puissance thermique de 30.000 kw. environ, suffisante pour parer à tous ses besoins en année sèche et sur les 200 ou 300 millions de kwhs qui remplaceront le charbon brûlé dans les locomotives à vapeur, seulement 50 à 60 millions seront produits dans des supercentrales thermiques. La consommation de combustible annuelle sera donc ramenée de 700.000 à 40 ou 50.000 t., la dépense de charbon par kw.-h. devant être de l'ordre de 800 gr. dans les supercentrales thermiques à grand rendement.

Au point de vue national, l'électrification des 900 km. de ligne considérés permettra donc de réduire de 5 à 7 °/₀ les importations de charbon de France.

Mais les travaux pour lesquels la Cie d'Orléans a déjà demandé l'autorisation ministérielle ont une portée plus grande encore que celle correspondant à l'électrification partielle de son réseau; leur réalisation permettra de constituer un élément important du réseau national de distribution d'énergie électrique. Les lignes à 90.000 volts et à 150.000 volts (prévues pour 220.000) reliant le Massif Central à Paris permettront d'amener dans la région parisienne 200 à 300 millions de kwhs., ce qui procurera une nouvelle réduction de 200 à 300.000 tonnes sur les 1.200.000 tonnes brûlées annuellement dans le département de la Seine pour produire l'électricité.

UTILISATION DU MATÉRIEL ROULANT.

Toutes nos études d'électrification ont été faites en supposant qu'il n'y avait pas à faire entrer en ligne de compte, au point de vue des comparaisons avec la traction à vapeur, les dépenses de matériel roulant. L'expérience acquise dans toutes les installations de traction électrique, actuellement réalisées, tant en France qu'à l'étranger, montre que l'utilisation moyenne des locomotives électriques est très supérieure à celle des locomotives à vapeur. Il en résulte que, malgré le prix beaucoup plus élevé du matériel roulant électrique, les frais de constitution d'un parc de tracteurs électriques ne sont pas supérieurs, à service égal, à ceux du parc correspondant des locomotives à vapeur.

L'expérience que nous avons acquise nous-mêmes dans l'exploitation électrique de la ligne de Paris à Juvisy a démontré que, dans un cas particulièrement défavorable comme celui d'un service de banlieue, le parcours moyen annuel des tracteurs électriques était, en 1913, de 58.000 km. (52.000 km. pour les locomotives — 70.000 km. pour les automotrices) tandis que, pour la même année, le parcours moyen des machines à vapeur était, sur notre réseau, de 37.000 km. (43.000 km. pour les machines à voyageurs — 28.000 km. pour les machines à marchandises).

En 1920, le parcours moyen annuel des locomotives à vapeur était de 22.667 km., alors que le parcours correspondant des locomotives électriques était de 43.000 km.

Nous sommes donc tout à fait fondés à dire qu'un tracteur électrique remplacera *au moins* deux locomotives à vapeur.

Nous espérons d'ailleurs obtenir des résultats encore plus favorables quand les tracteurs électriques seront employés, comme nous comptons le faire, sur de très longs parcours.

Les locomotives électriques que nous avons commandées seront susceptibles de remorquer normalement un train de bout en bout des sections électrifiées en changeant au bésoin d'équipe en cours de route.

Une étude détaillée des roulements des locomotives électriques

appelées à remplacer les locomotives à vapeur a été effectué en supposant que tous les trains tracés à une vitesse supérieure à 65 km-h. seront remorqués par des locomotives spéciales et que tous ceux tracés à des vitesses inférieures à 65 km-h. seront remorqués, soit par des locomotives de même type que les locomotives marchandises, soit par des automotrices.

Dans ces conditions, on constate que pour la ligne de Paris-Orléans-Vierzon-Limoges, avec embranchement Brétigny-Dourdan, le parc de locomotives à vapeur qui comprend actuellement :

209 locomotives à grande vitesse;

154 locomotives à marchandises ;

25 tracteurs électriques à 600 volts,

serait remplacé par un parc de tracteurs électriques à 1500 v comprenant :

44 locomotives à grande vitesse ;

80 automotrices;

128 locomotives de marchandises ou de voyageurs à faible vitesse.

Si on compte qu'un système de 3 automotrices remplace une locomotive, on voit que le parc actuel à vapeur qui serait considéré comme comprenant 388 locomotives est remplacé par un parc de locomotives électriques ayant un effectif de 198 machines. On voit donc qu'un tracteur électrique remplace, à peu de chose près, deux locomotives à vapeur, ce qui correspond bien, comme utilisation du matériel, aux valeurs données précédemment.

Il y a lieu de remarquer que, dans le cas particulier de la ligne de Paris à Limoges, s'applique sensiblement une règle empirique dont nous avons pu vérifier l'exactitude sur des installations déjà réalisées aux États-Unis, concernant l'égalité des poids adhérents et des puissances globales des parcs de machines à vapeur et électriques.

Le poids total des locomotives à vapeur en service sur la section étudiée ressort approximativement à 40.682 tonnes dont :

16.100 tonnes pour le service marchandises;

24.482 tonnes pour le service voyageurs ;

les poids adhérents correspondants étant de :

8.825 tonnes pour le service marchandises;

10.934 tonnes pour le service voyageurs, soit au total :

19.759 tonnes.

Avec les machines électriques prévues qui pèseront environ :

Machines à grande vitesse.............	116 t.
Automotrices.........................	65 t.
Locomotives de marchandises..........	72 t.

on arrive à un poids global, pour l'ensemble du parc, de 19.520 tonnes ; le poids adhérent total correspondant étant de 17.586 tonnes. Comme le nombre des locomotives électriques est environ moitié de celui des locomotives à vapeur on voit qu'en moyenne le poids adhérent des machines électriques sera double de celui des machines à vapeur.

Les puissances soutenues que peuvent développer les machines à vapeur peuvent être évaluées approximativement en chevaux par l'expression simple 400 G, G représentant la surface de grille en m^2 de chaque machine. Pour l'ensemble du parc de locomotives à vapeur considéré dont les machines ont des surfaces de grilles de 1.095 m^2 la puissance totalisée globale atteint environ :

$$1.095 \text{ m}^2 \times 400 = 438.000 \text{ HP}.$$

Si l'on totalise de même les puissances unihoraires des différentes machines électriques, automotrices et locomotives prévues pour remplacer les machines à vapeur, on trouve : 410.000 HP.

Nous voyons donc que dans le cas particulier considéré, à service égal, les parcs de locomotives à vapeur et de locomotives électriques ont au total sensiblement le même poids adhérent et la même puissance nominale.

La règle qui vient d'être énoncée n'est qu'une conséquence de l'étude détaillée des roulements effectués, ligne par ligne ; l'expérience seule pourra montrer si cette règle peut être utilisée directement dans des études ultérieures pour déterminer rapidement la composition d'un parc de tracteurs électriques connaissant celle du parc de machines à vapeur assurant le même service.

Bilan d'électrification.

Si on veut se rendre compte des conséquences financières de l'électrification, on peut essayer d'établir le bilan de l'opération en mettant en balance, pour la traction à vapeur ;

a) les frais d'achat de combustible;

b) l'économie moyenne réalisée dans les dépôts et ateliers sur la conduite, l'entretien et la réparation des tracteurs ;

pour la traction électrique :

a) les charges annuelles d'intérêt et d'amortissement des dépenses d'installation du matériel fixe (lignes de transport de force, postes de transformation, sous-stations, lignes de contact, etc...) ;

b) les dépenses d'énergie électrique correspondant à un service de traction identique à celui réalisé avec la traction à vapeur.

c) les frais de conduite et d'entretien des sous-stations, les dépenses d'entretien et de réparations des lignes de contact.

Pour des lignes, comme celles que nous voulons électrifier sur le réseau d'Orléans, on peut évaluer les dépenses d'électrification par kilomètre de route aux valeurs approvimatives suivantes :

250.000 fr. pour les lignes à voie simple (env. 1,20 km. de voie simple par km. de route) ;

470.000 fr. pour les lignes à voie double (env. 2,30 km. de voie simple par km. de route) ;

650.000 fr. pour les lignes à voie triple (env. 3,40 km. de voie simple par km. de route) ;

800.000 fr. pour les lignes à voie quadruple (env. 4,5 km. de voiè simple par km. de route).

Cette définition des lignes à voie simple, double, triple ou quadruple indique quel est le rapport qui existe entre la longueur totale des voies à équiper et la longueur de la section.

Dans cette hypothèse, on peut établir le bilan de l'électrification comme il est indiqué ci-dessous :

Les frais d'achat de combustible sont, par kilomètre de ligne,

égaux au produit de la consommation Q de combustible exprimée en tonnes par km. de ligne, par C, prix de la tonne de combustible sur tender.

L'économie moyenne réalisée dans les dépôts et ateliers sur les entretiens et réparations ne peut être évaluée qu'empiriquement. La comparaison de ce qui existe dans nos dépôts à vapeur et dans le dépôt électrique des machines assurant le service entre Paris et Juvisy nous permet d'évaluer ce chiffre, par train-km. de voie plate, à 0 fr.30 pour les conditions de service d'avant-guerre et à 1 fr. pour les conditions actuelles.

En faisant l'hypothèse que ces économies varient linéairement avec le cours du charbon, nous pouvons représenter l'économie par train-km., par l'expression :

$$0 \text{ fr. } 10 + 0{,}009 \text{ C.}$$

Cette représentation est évidemment très discutable, mais étant donné qu'il ne s'agit que de considérer de faibles variations du cours du charbon, autour de 100 fr., les erreurs que nous pouvons commettre dans l'interprétation des résultats n'auront pas une très grande importance. Dans les lignes à forte déclivité, où les locomotives à vapeur travaillent dans des conditions souvent difficiles, il faudra admettre une majoration de l'ordre de 25 % pour les lignes de déclivité caractéristique supérieure ou égale à 15 m/m par mètre.

Comme d'ailleurs, le nombre de trains-km. est approximativement égal à :

$$\frac{1000 \text{ Q}}{28}$$

la consommation moyenne de charbon dans les locomotives normalement employées sur nos réseaux étant d'environ 28 kg. par train-km., l'économie réalisée serait par km. de ligne au total de :

$$\frac{1000 \text{ Q}}{28} (0{,}10 + 0{,}009 \text{ C}) (1 + \varepsilon).$$

Pour la traction électrique, les charges annuelles d'intérêt et d'amortissement des dépenses d'installation du matériel fixe, lignes de contact, postes de transformation, sous-stations, etc. sont, en appelant :

P, le capital engagé par kilomètre de ligne pour l'installation du matériel fixe,

r, le taux de la charge correspondant aux charges annuelles d'intérêt et d'amortissement du matériel :

$$\frac{P\,r}{100}$$

Les dépenses d'énergie électrique correspondant à un service de traction identique à celui réalisé avec la traction à vapeur, seront obtenues en multipliant la quantité totale d'énergie reçue aux bornes des sous-stations par le prix de l'énergie en ce point. La consommation d'énergie électrique ne sera autre chose que

$$\frac{1000\ Q}{\lambda}$$

en appelant λ le nombre de kgs de charbon qui peuvent être remplacés par 1 kw.-h aux bornes des sous-stations ; la valeur du coefficient λ dépend des conditions de service de la ligne, mais il semble être toujours compris entre 2 kg. 5 et 3 kg. 5 ; on pourra prendre, sans craindre de commettre d'erreur, la valeur de 3 kg., si l'on compare bien entendu les services électrique et à vapeur dans des conditions identiques.

On devra d'ailleurs prendre des valeurs de λ différentes suivant que l'on considère des lignes plates ou à déclivité caractéristique d'au moins 15 $^m/_m$ par mètre sur lesquelles, grâce à l'emploi de la récupération, on pourra réduire notablement la consommation de combustible. On pourrait prendre en première approximation ;

$\lambda = 2{,}75$ pour des pentes caractéristiques < 10,

$\lambda = 3{,}3$ pour des pentes > 10 $^m/_m$.

En appelant d'autre part, p, le prix de l'énergie à l'entrée des sous-stations, la dépense correspondante serait de

$$\frac{1000\ Qp}{\lambda}$$

Dans ces conditions, la formule représentant le bilan d'électrification sera la suivante :

$$QC + \frac{1000}{28} Q (0,10 + 0,009 C)(1 + \varepsilon) = \frac{1000\ Q\ p}{\lambda} + \frac{P\ r}{100}$$

en prenant pour λ la valeur 3,

p — 0,10

r — 8,5 °/o

on obtient, pour les différentes valeurs de P indiquées précédemment, pour les voies simple, double, triple ou quadruple, les valeurs numériques suivantes :

LIGNES PLATES $1 + \varepsilon = 1$ $\lambda = 3$ $r = 8,5$ $p = 0,10$ fr.					LIGNES DE MONTAGNES $1 + \varepsilon = 1,25$ $\lambda = 3,3$ $r = 8,5$ $p = 0,09$	
Voie	quadruple	triple	double	simple	double	simple
Prix du charbon C	$Q = \frac{51.500}{C-22,6}$	$Q = \frac{41.800}{C-22,6}$	$Q = \frac{30\ 200}{C-22,6}$	$Q = \frac{16.100}{C-22,6}$	$Q = \frac{28.500}{C-16,3}$	$Q = \frac{15.150}{C-16,3}$
120	530	430	310	165	275	146
110	590	480	348	184	304	162
100	665	540	390	208	340	181
90	765	620	448	239	380	206
80	900	730	527	281	448	238
70	1085	880	638	340	530	282
60	1380	1120	808	430	652	347
50	1800	1525	1100	588	846	450

Ces chiffres ne sont donnés qu'à titre de simple indication, car des formules analogues à celles qui viennent d'être données ne peuvent prétendre à représenter les faits dans toute leur généralité. Tout ce que l'on peut tirer de ces considérations, c'est *l'ordre de grandeur* du trafic qui doit être réalisé pour que l'opération soit payante en tenant compte, bien entendu, des accroissements normaux de trafic qui se produisaient avant-guerre à un taux annuel de 3 à 5 °/o suivant les lignes.

Pour une ligne plate, comme celle de Paris-Brive, qui a une consommation *actuelle* d'environ 700 t. de charbon par km. et qui rentre dans la catégorie des voies triples, on voit que l'électrification est largement justifiée aux cours *actuels* de combustibles.

Pour les lignes de montagne à voie simple, comme celles de Brive à Clermont et de Saint-Sulpice à Gannat, qui consomment respectivement 240 et 200 tonnes de combustible par kilomètre, on voit que l'électrification sera également payante.

La consommation de charbon que nous venons de calculer, représente la quantité minimum de combustible qui doit exister sur une ligne pour que l'électrification soit justifiée ; la consommation de charbon par kilomètre étant dans les conditions actuelles la caractéristique la plus intéressante pour définir le trafic réel d'une ligne. Cette consommation dépend à la fois du nombre, du poids et de la vitesse des trains, ainsi que du profil de la ligne. Des calculs très simples mais assez longs permettent d'établir une relation approximative entre la quantité moyenne de charbon consommée et le trafic d'une ligne exprimé en tonnes kilomètres totales ou en tonnes kilomètres remorquées.

L'une des méthodes les plus simples pour établir cette liaison est d'appliquer, comme l'ont fait les Chemins de fer de l'État italien, la méthode dite des longueurs virtuelles. On trouve qu'une tonne kilométrique virtuelle correspond approximativement à une consommation de charbon de l'ordre de 55 à 60 grammes de charbon, ce nombre variant avec le mode d'utilisation des locomotives à vapeur et le rapport entre le poids utile et le poids du train (1).

Les chiffres figurant dans le tableau ci-dessus pourraient être transformés de manière à définir un trafic en tonnes kilométriques virtuelles.

Sur les lignes plates, la longueur virtuelle est sensiblement égale à la longueur réelle ; sur les lignes accidentées, la longueur virtuelle est notablement plus grande.

Cette méthode de longueur virtuelle permet donc de calculer approximativement les valeurs de la consommation de charbon par tonne kilomètre réelle remorquée.

(1) La longueur virtuelle d'une ligne est la longueur de la ligne en palier et alignement droit pour laquelle le travail entraîné par le déplacement d'une tonne remorquée serait le même que sur la ligne de profil considérée. Moyennant certaines hypothèses simplificatrices, on peut faire dépendre la longueur virtuelle d'une ligne uniquement du profil de celle-ci.



En pratique, on trouve, sur des réseaux analogues à celui de l'Orléans, que la consommation de charbon par t.-k. remorquée est de l'ordre de 70 grammes pour les lignes de faible déclivité et de 110 à 120 grammes pour les lignes accidentées du Massif Central.

En divisant les consommations de charbon par kilomètre indiquées dans le tableau ci-dessus par les valeurs de la consommation moyenne de charbon par t.-k. remorquée, on obtient les valeurs du trafic limite à partir duquel l'électrification n'est plus désirable pour les seules raisons d'économie de combustible.

Mais les avantages propres de la traction électrique sont assez nombreux et divers pour que, dans certains cas particuliers, on passe outre à ces considérations économiques ; tel est le cas notamment des Chemins de fer métropolitains de toutes les grandes villes du monde dont le développement dépasse de beaucoup les prévisions les plus optimistes. La traction électrique, grâce à l'absence de fumée, à la divisibilité de puissance motrice, à la robustesse de son mécanisme est en effet susceptible d'assurer des services de traction irréalisables avec les machines à vapeur ; il n'est donc pas étonnant que l'on ait intérêt à substituer l'électricité à la vapeur dans les cas où un avantage particulier de la traction électrique prend une importance primordiale.

AVANTAGES PARTICULIERS DE LA TRACTION ÉLECTRIQUE

La caractéristique de beaucoup la plus importante de la traction électrique est la divisibilité de la puissance motrice et la facilité avec laquelle on peut la répartir tout le long d'un train sans réduire notablement la surface disponible pour le transport des voyageurs ou des marchandises. Il est possible d'installer sous les « caisses » des véhicules, avec la traction à courant continu 1.500 v., une puissance de l'ordre de 200 HP par essieu sans changer l'affectation et le mode d'utilisation de la voiture ou du wagon. On peut ainsi faire varier l'adhérence, utilisable pour la

remorque d'un train, de 2 ou 4 essieux à la totalité des essieux de la rame.

Les efforts de traction réalisables par tonne de train peuvent donc être variés à volonté suivant la nature du service à assurer, la composition des trains et le profil des lignes.

L'exploitation d'une ligne peut être complètement transformée par l'emploi de la traction à unités motrices multiples, et l'application aux trains de marchandises de cette nouvelle méthode d'exploitation semble devoir être aussi fertile en conséquences diverses qu'elle l'a été pour les services de voyageurs sur les lignes de métropolitains ou de banlieue ; des difficultés restent encore à résoudre, mais il semble qu'en utilisant localement le circuit de traction comme circuit de signalisation pour des courants de fréquence de l'ordre de 2.000 à 6.000 périodes par seconde, on puisse arriver à commander pratiquement d'un seul point plusieurs tracteurs d'un même train sans installation de fils de « control » courant tout le long d'un train.

Dans tous les cas, il semble que l'emploi de la traction électrique simple ou multiple se traduise par une augmentation notable de la capacité de débit des lignes elle-mêmes simples ou multiples. Cette augmentation de débit permettra de reculer peut-être pendant longtemps le doublement des voies et de retarder ainsi l'immobilisation d'un capital important, en général beaucoup plus considérable que celui correspondant à l'équipement électrique des voies.

La répartition de la puissance sur un grand nombre d'essieux permettra de réduire la charge par essieu à une valeur assez faible pour éliminer les mouvements de terrain que l'on constate dans certaines régions et faciliter ainsi grandement l'entretien des voies.

Un autre avantage important du tracteur électrique est sa facilité de conduite et sa grande capacité de travail. La machine électrique ne comportant aucune pièce sujette à usure rapide, comme le foyer d'une locomotive, ni aucun élément exigeant un décrassage fréquent comme le système tubulaire, peut travailler sans interruption autre que celle que comporte le service lui-

même. L'électricien-conducteur n'a à se préoccuper que de la surveillance de la ligne, la machine elle-même n'ayant besoin d'aucune attention spéciale. Il résulte de là qu'une même machine peut être conduite dans un parcours unique par plusieurs agents se relayant au mieux des exigences des lois sur l'organisation du travail ; la conduite en « banalité » des tracteurs électriques sera d'autant plus précieuse que les exigences ouvrières seront plus grandes.

Le recrutement du personnel de conduite sera d'ailleurs grandement facilité par la rapidité de la formation qui sera presque uniquement fonction de l'aptitude à la reconnaissance des signaux, et par le confort offert aux agents qui n'auront à développer aucun effort musculaire.

Un électricien-conducteur pourra effectuer un service utile plus que double de celui d'un mécanicien à vapeur du fait, non seulement de l'organisation du travail en double et triple équipe, mais encore en raison de l'inexistence de la préparation des machines électriques. Avec une machine à vapeur, il faut compter 1 h. 1/2 à 2 heures de travail avant sa sortie du dépôt et 3/4 d'heure à 1 heure pour mise en réserve à la rentrée au dépôt ; tout ce temps pourra être employé par les agents à faire du service de route.

Une supériorité réelle de la traction électrique sur la tracton à vapeur semble aussi se manifester dans les conditions d'entretien et de réparation du matériel roulant. La durée annuelle d'immobilisation pour révisions générales et grandes réparations est nettement plus faible, quel que soit le système de traction électrique, pour les machines électriques que pour les machines à vapeur ; il en est de même pour les dépenses d'entretien et de renouvellement.

A ce point de vue, ce sont les locomotives électriques à courant continu qui entraînent indiscutablement l'économie la plus grande, qu'elles soient d'ailleurs à moyenne ou à haute tension.

Les différences existant de ce fait entre les frais de traction afférents aux systèmes monophasé, continu ou triphasé semblent être à elles seules suffisantes pour justifier l'adoption du courant continu comme système unifié de traction.

Bien d'autres économies accessoires résulteront de la substitution de l'électricité à la vapeur. Nous nous bornerons à indiquer les principales : disparition de la fumée et réduction correspondante des frais d'entretien du matériel fixe et roulant, suppression des émissions d'étincelles et de flammes susceptibles d'occasionner des incendies dans les propriétés limitrophes du chemin de fer ; réduction de l'entretien des voies du fait de l'emploi du freinage par récupération dans la descente des pentes, du fait aussi de la régularité des efforts de traction produits par les moteurs à engrenages.

Cette multitude d'avantages accessoires, joints à l'augmentation de rendement, à l'accroissement de capacité de travail, à la divisibilité de la puissance motrice, font du tracteur électrique, un outil de traction à peu près parfait, toujours prêt à fonctionner quand en a besoin et susceptible de permettre, si on peut dire, la « Taylorisation » d'une exploitation de chemin de fer.

Différents systèmes de traction électrique.

On peut réaliser des installatations de traction électrique de différentes manières, les ressources actuelles de l'électrotechnique mettant à notre disposition l'énergie électrique sous trois formes industrielles : triphasée, monophasée, continue.

On peut concevoir autant de systèmes de traction qu'il y a de combinaisons de ces formes de courant, pour l'alimentation des lignes de contact d'une part, pour la transformation de l'énergie électrique en énergie mécanique d'autre part. Les neufs combinaisons possibles ont été proposées ou réalisées ; il n'y en a que 4 qui aient reçu d'importantes applications : elles sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

Désignation du système de traction.	Nature du courant d'alimentation des lignes de contact.	Nature du courant employé pour la transformation de l'énergie électrique en énergie mécanique (type de moteur de traction).	Installations les plus importantes réalisées.
Mono-phasé pur.	Courant monophasé de fréquence 16 2/3 à 52, tension comprise entre 6.000 et 15.000 v.	Courant monophasé de fréquence 16 2/3 à 25. Moteur monophasé à collecteur, alimenté à tension variable pouvant fonctionner en génératrice au moyen d'une excitation spéciale.	New-York-New-Haven-Hartford Ry (25 périodes). Chemins de fer fédéraux suisses (16 2/3 périodes).
Mono-triphasé	Courant monophasé, tension comprise entre 6.000 et 15.000 v.	Courant triphasé. Moteur asynchrone triphasé à vitesse sensiblement constante pouvant fonctionner comme génératrice asynchrone aux vitesses supérieures au synchronisme.	Norfork and Western Ry.
Triphasé pur.	Courant triphasé de fréquence quelconque. Tensions comprises entre 3.000 et 6.000 v.	Courant triphasé de fréquence quelconque de 16 2/3 à 50 périodes. Moteur asynchrone à vitesse sensiblement constante, pouvant fonctionner en génératrice asychrone aux vitesses supérieures au synchronisme.	Chemins de fer de l'Etat italien.
Continu pur.	Courant continu (ou monophasé de fréquence nulle) tension comprise entre 600 et 6.000 v.	Courant continu. Moteur à courant continu pouvant fonctionner en génératrice au moyen d'une excitation spéciale.	Chicago Milwaukee St-Paul Ry. : 3.000 v. Butte Anaconda Ry : 2.400 v. Banlieue de Melbourne 1.500 v.

Nous allons passer très rapidement en revue ces différents systèmes afin d'en indiquer les caractéristiques principales.

Système monophasé. — Ce système est celui qui présente *à priori* le plus d'avantages et qui se compare le mieux avec la traction à vapeur car il est celui qui entraîne, en apparence, les dépenses d'installations fixes les plus faibles. Dans les installations monophasées, le courant alternatif simple à fréquence non industrielle est produit dans des centrales hydrauliques ou thermiques spécialisées. La fréquence 25 est exclusivement employée aux États-Unis. Les fréquences 16 2/3 à 25 sont utilisées en Europe.

Toutes les installations récentes européennes sont réalisées à une fréquence faible afin de permettre la construction de moteurs

monophasés à collecteur fonctionnant d'une façon satisfaisante et ayant des dimensions et des poids à peu près comparables à ceux des moteurs à courant continu : cette comparaison reste cependant tout à l'avantage du moteur à courant continu (1) (monophasé de fréquence nulle).

Le courant monophasé, de fréquence non industrielle, est amené aux sous-stations de transformation du réseau de chemin de fer par des lignes de transport de force, distinctes de celles utilisables pour l'alimentation générale des régions traversées. Dans ces sous-stations ne comprenant que des transformateurs statiques, la tension est abaissée à une valeur admissible sur une ligne de contact, soit 10 à 15.000 volts. L'électrification des chemins de fer est réalisée à cette tension de 15.000 volts.

Sur les locomotives, la tension du courant est encore abaissée à une valeur comprise entre 500 et 750 volts par moteur, au moyen de transformateurs statiques à tension secondaire réglable.

On voit donc que si les sous-stations sont beaucoup plus simples que dans le cas du courant continu, les locomotives sont par contre plus compliquées, moins puissantes à poids égal et, par suite, plus chères. Si donc, dans une installation de traction on a besoin d'un petit nombre de locomotives par sous-station, le système monophasé sera plus économique que le système continu ; on arrivera à une conclusion inverse si le nombre des tracteurs est relativement grand par rapport à celui des sous-stations (2).

La transformation de la tension sur la locomotive même

(1) Au cours d'essais qu'une Société suisse a bien voulu réaliser à ma demande, on a constaté qu'à vitesse et à échauffement égal, un moteur monophasé à collecteur d'un type utilisé par les Chemins de fer fédéraux suisses, donnait, quand il était alimenté en courant continu, une puissance soutenue de 40 °/₀ plus élevée que lorsqu'il était alimenté en courant monophasé à 14 ou 15 périodes.

(2) Dans une électrification comme celle en cours sur le réseau d'Orléans, on constate que, pour la section de Paris à Brétigny, le nombre de tracteurs par sous-station dépasse 30 ; pour une section comme celle de Paris à Limoges, ce nombre atteint environ 20.



permet de régler facilement la vitesse des machines, mais sans que l'on puisse assurer la marche à une vitesse soutenue très différente de la normale. Le décalage du courant qui est faible quand la vitesse est de l'ordre de 4 à 5 fois celle correspondant au synchronisme, augmente rapidement quand la vitesse diminue.

En ajoutant aux machines des excitatrices spéciales, on transforme les moteurs en génératrices asynchrones ; on peut obtenir le même résultat avec le dispositif très simple de M. Behn-Eschenburg qui comporte seulement une réactance branchée d'une façon spéciale sur le transformateur abaisseur, mais en consentant un décalage toujous assez important en pratique entre le courant et la tension.

En raison de la simplicité apparente de la distribution, le système monophasé a été adopté depuis longtemps par le Pensylvania Railroad et le New York-New Haven-Hartford aux États-Unis, et, en Europe, par les Chemins de fer suisses, allemands, suédois et norvégiens. Les installations américaines sont toutes réalisées à 25 périodes, ce qui permet le raccordement commode avec certains réseaux industriels voisins. En Europe la fréquence 16 2/3 est presque exclusivement employée, ce qui empêche toute jonction directe avec les lignes de transport industrielles.

La liaison ne peut être réalisée qu'au moyen de sous-stations rotatives spéciales comprenant des groupes reversibles moteur synchrone-alternateur de réglage difficile et d'installation coûteuse.

Dans certaines installations comme celle du Loetschberg, les usines génératrices possédent un double équipement, l'un à 16 2/3 périodes, l'autre à 42 périodes et deux systèmes de lignes de transport de force, l'un triphasé à une fréquence industrielle, l'autre monophasé à fréquence spéciale, réunissant ces usines aux centres principaux de consommation.

En France, ce système qui avait été déjà installé sur certaines lignes du chemin de fer du Midi, a été abandonné pour être remplacé par le système continu à 1.500/3.000 volts. Bien que la

Compagnie du Midi ait réussi, paraît-il, à éliminer presque entièrement les effets d'induction nuisibles ou dangereux sur les lignes télégraphiques et téléphoniques voisines des lignes de traction, il a paru préférable, en France, d'aller jusqu'au bout de la réduction de la fréquence qui avait été ramenée progressivement de 42 à 25, puis à 16 2/3 pour adopter le courant à fréquence nulle ou courant continu.

Un système dérivé du monophasé pur, le monotriphasé ou split phase des Américains, est particulièrement intéressant, car il permet de réaliser simplement, d'une part, la marche à vitesse constante, fort intéressante dans le cas de trains de marchandises et d'autre part, la récupération automatique particulièrement précieuse dans le cas de lignes à profil difficile.

Le système de distribution est identique à celui du système monophasé pur ; les locomotives comportent seulement en plus du transformateur abaisseur, un convertisseur rotatif de courant monophasé ou triphasé et des moteurs de traction asynchrones triphasés.

La seule installation monotriphasée actuellement en service, celle de Norfolk et Western, est particulièremeut intéressante en ce sens que, malgré des tâtonnements, peut-être inévitables dans une première application, l'ensemble de l'installation donne, paraît-il, les résultats espérés. Il semble cependant que des systèmes monotriphasés analogues à ceux proposés par M. Alexanderson ou par M. de Kando, seraient susceptibles de donner de meilleurs résultats. Le dispositif de M. de Kando, qui permet d'utiliser du courant monophasé de fréquence industrielle paraît particulièrement intéressant.

Il ne semble pas que le système monotriphasé ait beaucoup de partisans, au moins en Europe.

*
* *

Le système triphasé est, en ce qui concerne le matériel roulant, le système peut-être le plus intéressant, car c'est celui qui permet de construire les machines les plus légères et les plus

simples quand on accepte la sujétion de marcher à vitesse constante; les machines sont alors susceptibles de fonctionner aussi bien comme « moteur » que comme « génératrice » sans addition d'aucun appareil spécial : la récupération est automatique à vitesse sensiblement constante.

Avec le matériel employé en Europe qui ne permet pas, quant à présent, l'utilisation du frein continu dans les trains de marchandises, la récupération à vitesse constante ne peut être considérée comme un moyen de freinage efficace, à moins de consentir, comme le font les Italiens, à descendre les pentes à une vitesse *moitié* de celle adoptée pour la montée des rampes.

De plus, la marche en moteur ou en récupération exige, quand il y a plusieurs tracteurs dans un train, un « réglage de fortune » de la répartition de la charge entre machines, qui n'est valable que pour un mode de fonctionnement moteur ou générateur et qui doit être changé à main sur chaque machine quand on passe de la marche normale à la marche en récupération. Cette grave difficulté tient à ce fait qu'en exploitation courante, des tracteurs de même type n'ont pas, du fait de l'usure des bandages, des roues de même diamètre, si bien que, couplés dans un même train, les rotors des moteurs de traction peuvent tourner à des vitesses différentes ; cette différence pouvant atteindre au maximum 4 à 5 °/o, est suffisante pour que la totalité de la charge soit prise en marche normale par le tracteur qui a les roues les plus grandes et en récupération par celui qui a les roues les plus petites. Mais le principal inconvénient du système triphasé réside dans le mode d'alimentation des tracteurs qui comporte l'emploi de deux lignes de contact aériennes distinctes à haute tension : c'est à cause de la complication des lignes de prise de courant que la traction triphasée ne s'est développée dans aucun pays autre que l'Italie et que les applications ont été limitées au seul réseau des Chemins de fer de l'État italien qui possède des ingénieurs particulièrement experts dans l'installation des lignes de contact triphasées.

L'emploi de deux fils de contact de 100 mm² de section par phase, soit 400 mm² de cuivre par ligne de contact à 3.000 v.

comportant des sous-stations de transformateurs statiques à 16 2/3 périodes, écartées seulement de 5 à 6 km. entraîne des dépenses de premier établissement excessivement importantes, beaucoup plus importantes qu'avec n'importe quel autre système.

L'agencement des lignes d'alimentation au-dessus des appareils de voie (aiguillage, croisement, bretelle, etc.) entraîne des difficultés presque inextricables et l'entretien des lignes de contact triphasées exige un arrêt *complet* du trafic, de 2 à 3 heures par jour, pour des sections même de fréquentation moyenne. Une pareille sujetion suffirait à elle seule pour faire rejeter à priori la traction triphasée sur des lignes comme celles que nous nous proposons d'électrifier en France.

Cependant, il faut reconnaître que le service est assuré dans des conditions tout à fait satisfaisantes sur les lignes italiennes actuelles équipées en triphasé, mais il semble que les dépenses d'installation et d'entretien soient élevées. Pour les électrifications futures, les Chemins de fer de l'État italien n'envisagent plus avec la même assurance qu'avant-guerre, le développement de leur électrification avec le seul système triphasé à 16 2/3 périodes et ils ont décidé d'équiper, pour essai, deux lignes importantes, l'une en courant continu 3.000 v., l'autre en courant triphasé de fréquence industrielle ; dès maintenant, le système triphasé à 16 périodes n'est plus considéré comme système de traction unifié en Italie.

*
* *

Le système de traction à courant continu est celui pour lequel nous possédons le plus d'expérience, car il est universellement employé sur les tramways, les métropolitains, les lignes de banlieue ; il est appliqué depuis plus de vingt ans sur les lignes du Quai d'Orsay à Juvisy (Cie d'Orléans), des Invalides à Versailles (Ouest-État), de Villefranche à Bourg-Madame (Cie du Midi). Une légère augmentation de la tension (600 à 1.500 v.) permettra de répondre aux besoins des grandes lignes à trafic intense, tandis que l'emploi des moteurs à 1.500 v. couplés par deux en série, permettra d'assurer dans de bonnes conditions le service des lignes longues de trafic moyen.

Le Chemin de fer de la Mure à Gap fonctionne déjà depuis de longues années à 1.200 v., celui de Sainte-Marie aux Mines à 2.000 v., celui de Turin à Lanzo à 4.000 v., etc., sans que l'on ait constaté aucune difficulté spéciale d'exploitation. Mais les installations à courant continu haute tension les plus importantes, actuellement réalisées, sont celles du Chemin de fer minier de Butte-Anaconda (2.400 v.) et celle du Chicago Milwaukee Saint-Paul Ry (3.000 v.). La mise en service de ces deux installations constitue un véritable événement industriel, car c'est le succès technique indiscutable de ces électrifications qui a entraîné le mouvement auquel nous assistons actuellement en faveur du courant continu haute tension.

La France, puis l'Angleterre, puis la Hollande, puis le Japon ont fait choix, comme système unifié de traction, du courant continu à 1.500/3.000 v. entraînant à leur suite le Brésil, le Chili, les états de l'Afrique du Sud, etc.

Sur le Chicago Milvaukee Saint-Paul, la longueur de ligne actuellement électrifiée dépasse 1.200 kilomètres et sur la grande ligne à voie unique réunissant Chicago au Pacific, la traversée des Montagnes Rocheuses est effectuée d'Harlowton à Avery (800 km.) au moyen de locomotives électriques à grande puissance (3.600 HP). Cette ligne, qui présente des déclivités de l'ordre de 20 °/₀₀ est parcourue par des trains très lourds, 7 à 800 tonnes pour le service voyageurs, 2.000 à 4.000 tonnes pour le service des marchandises ; elle est particulièrement difficile à exploiter à vapeur du fait des froids très intenses qui y règnent en hiver ; à des températures de — 30° qui ne sont pas rares dans les Montagnes Rocheuses, les locomotives à vapeur étaient fréquemment mises hors service alors que les machines électriques peuvent circuler sans inconvénient, la neige recouvrant abondamment tous les appareils à 3.000 v. à l'intérieur même des locomotives.

Devant de pareils résultats, on ne dit plus sur certains réseaux américains : tel système de traction coûte plus cher ou moins cher que tel autre ; on se contente de faire constater qu'avec le courant continu haute tension on a réalisé une bonne exploitation là où la traction à vapeur était défaillante.

Les propriétés des tracteurs à courant continu sont trop connues pour que nous les exposions en détail ici ; nous nous bornerons à rappeler que l'emploi de moteurs série permet de réaliser des couples de démarrage 3 à 4 fois plus grands que ceux correspondant à la puissance continue des moteurs, tout en assurant une bonne répartition de charge entre les moteurs d'un train, à peu près à toutes les vitesses. La divisibilité de la puissance électrique entre un grand nombre d'essieux moteurs est particulièrement aisée avec le courant continu, le poids des moteurs de traction à 1.500 v. d'une puissance continue de 175 à 200 HP à self ventilation ne dépassant guère 3 tonnes et l'ensemble de l'équipement de commande pouvant être installé sous les caisses des voitures automotrices. La traction à unités motrices multiples déjà réalisée avec le succès que l'on connaît sur les trains de banlieue et les métropolitains, semble appelée à un succès du même genre pour le service de marchandises quand les systèmes de commande à distance par superposition d'un courant de contrôle alternatif au courant de traction dans les lignes de contact auront été mis entièrement au point.

Les essais entrepris par la C[ie] d'Orléans pour résoudre ce problème, actuellement interrompus, seront repris dès que nous disposerons des lignes de contact aériennes du modèle définitif.

Avec le courant continu, et c'est une des particularités de l'électrification du Chicago Milwaukee Saint-Paul, on peut réaliser la marche en récupération dans des conditions beaucoup plus parfaites qu'avec n'importe quel autre système de traction; au moyen d'une excitatrice spéciale de petite puissance, on peut assurer la génération du courant continu à la tension du réseau sur la locomotive même entre des limites de vitesse excessivement larges, transformant ainsi la récupération en un véritable moyen de freinage. Inutile de dire que des progrès importants peuvent encore être réalisés dans cette voie, mais les résultats acquis sont dès maintenant supérieurs à ceux obtenus en triphasé, par exemple, où, du fait de l'absence de possibilité de réglage de la vitesse, on est forcé, à déclivités égales, de limiter la vitesse pendant la descente des pentes à la moitié de la valeur

admise pendant la montée des rampes. Bien entendu, jusqu'à ce que tous les trains de marchandises européens soient munis de freins continus, nous estimons qu'il ne faudra pas exagérer la vitesse, même en utilisant le freinage par récupération sur les lignes à fortes déclivités, mais il est certain que la récupération en courant continu ne procurera pas seulement une économie de courant appréciable, mais encore une augmentation importante de la sécurité de marche.

La Commission d'Électrification instituée en 1919 par le Ministère des Travaux Publics, pour étudier les divers systèmes de traction électrique applicables aux réseaux de chemins de fer français, ne pouvait hésiter dans son choix en présence des résultats acquis dans tous les pays du monde où existent des installations importantes, monophasées, triphasées et continues et arriver à une autre conclusion que celle qui a provoqué l'adoption du courant continu 1.500/3.000 v. comme système unifié de traction en France.

Ce choix est d'autant plus important et caractéristique qu'il a été fait seulement après une étude approfondie des diverses solutions appliquées dans les divers pays du monde, alors que l'un des réseaux français qui était entré avant-guerre dans la voie de l'électrification avait déjà réalisé quelques installations monophasées.

Ceci ne veut pas dire que nous pensions que le système à courant continu est celui qui doit être appliqué dans tous les cas possibles ; nous ne pouvons certes pas nous permettre une pareille généralisation et nous estimons seulement que, dans les conditions d'exploitation des chemins de fer français, c'est le système qui conduira en moyenne, sur les lignes à trafic suffisamment intense pour justifier l'électrification, aux résultats les meilleurs au point de vue technique et économique.

*
* *

Phénomènes d'interférence entre lignes a courants forts et lignes a courants faibles.

Dans des projets de l'envergure de ceux que nous venons d'exposer, comportant à la fois la construction de lignes de transport de force à très haute tension et de lignes de distribution d'énergie portant de très gros courants, il convient de se préoccuper des phénomènes d'interférence qui peuvent se produire entre ces circuits et les lignes à courant faible voisines.

L'une des raisons et non des moindres, qui ont fait choisir en France, après consultation de l'Administration des Postes et Télégraphes, le courant continu comme système unifié de traction, était de réduire au minimum les phénomènes d'interférence entre lignes de contact et lignes à courant faible (signaux, télégraphes et téléphones).

L'expérience acquise dans toutes les installations à courant continu, notamment celles en courant continu haute tension, réalisées récemment en Amérique, semble montrer d'ailleurs que les moyens dont on dispose dès maintenant pour réduire ou éliminer les troubles ont une efficacité suffisante pour que l'on puisse étendre sans crainte, les applications de la traction électrique à courant continu à des lignes très longues et à grande intensité de trafic sans prévoir en même temps le déplacement général des lignes télégraphiques ou téléphoniques.

Cela ne veut pas dire que dans certains points spéciaux, notamment au voisinage des grosses agglomérations, où les emprises du Chemin de fer sont particulièrement rétrécies, on ne sera pas amené, pour des raisons d'ordre purement « géométrique » à déplacer quelques éléments des lignes à courant faible, pour permettre l'implantation des pylônes supports des lignes de contact.

Nous allons essayer de résumer, aussi brièvement que possible. quels sont les phénomènes d'interférence qui ont été observés et étudiés, en distinguant nettement le cas *des lignes de transport de force à haute tension* que l'on est universellement d'accord

pour établir en courant alternatif triphasé, à fréquence de 50 à 60 périodes par seconde, et le cas *des lignes d'alimentation des tracteurs* de chemin de fer, lignes que l'on peut établir, suivant le système de traction choisi, en courant alternatif simple, en courant alternatif triphasé ou en courant continu.

*
* *

Formes diverses de perturbations.

Rappelons tout d'abord que les perturbations qui peuvent se produire dans le fonctionnement des lignes à courant faible peuvent être classés comme l'a fait M. Warren en :

1° *Troubles d'exploitation :*

a) interruption de service,

b) faux appels,

c) bruits sur les circuits téléphoniques,

d) perturbations dans la transmission télégraphique.

2° *Détériorations au matériel :*

a) incendies,

b) aimantation des bobines Pupin des lignes téléphoniques aériennes ou souterraines.

3° *Accidents au personnel :*

a) chocs électriques,

b) chocs acoustiques.

Ces troubles peuvent provenir, soit de la quantité, soit de la qualité de l'énergie induite.

a) Quand les tensions ou courants induits sont trop forts, il peut se produire une interruption totale de service par mise à la terre de l'installation à courant faible (fonctionnement des parafoudres) ou par incendie (percement des isolants).

b) *Les faux appels* se produisent quand les tensions et courants induits ont une valeur suffisante pour faire fonctionner, non seulement les annonciateurs ou les sonneries branchés entre fils et terre, mais aussi les sonneries branchées entre les deux fils d'une ligne, en provoquant une décharge entre les pointes des parafoudres.

Les tensions nécessaires pour produire de faux appels dépendent du type d'appareil : une dizaine de volts pour les sonneries ordinaires, une vingtaine pour les sonneries biaisées.

c) *Bruits sur les circuits téléphoniques.* — Les circuits téléphoniques, qui comprennent toujours deux fils, l'un d'aller, l'autre de retour, sont parcourus par des courants très complexes dont les composantes sinusoïdales (développement de la tension ou du courant en série de Fourier) ont des fréquences comprises entre 200 et 4.000 périodes par seconde.

Il résulte de là, qu'à quantité d'énergie induite égale, les troubles dépendent beaucoup de la fréquence des courants perturbateurs.

Dans les circuits téléphoniques, la perturbation croît très rapidement avec la fréquence, à peu près comme le carré de celle-ci jusque vers 800 périodes par seconde ; elle est maximum pour 1.100 périodes environ et elle décroît ensuite progressivement quand la fréquence augmente. Les courants ou tensions à fréquence faible (moins de 100 périodes par seconde) causent très peu de troubles, sauf bien entendu quand leur amplitude est suffisante pour faire fonctionner les parafoudres ou percer les isolants.

Quand la perturbation est due à la superposition de tensions ou de courants de fréquences différentes, elle peut être considérée en première approximation, comme proportionnelle à la racine carrée de la somme des carrés des perturbations élémentaires dues à chaque fréquence. Cette relation, qui n'est pas encore rigoureusement établie, permettrait de définir pour chaque forme d'onde de tension ou de courant, un facteur « d'interférence téléphonique ». Pour cela, il faudrait connaître la sensibilité de l'oreille humaine moyenne et de l'appareil téléphonique, pour des ondes pures de différentes fréquences. L'édition de 1921, des « standards » de l'Association des Ingénieurs électriciens américains donne à ce sujet quelques précisions. Sur la figure 7, sont représentées, en fonction de la fréquence, les variations d'un coefficient μ ou « poids » qu'il faut donner à chaque onde pure composante, pour représenter la perturbation réellement perçue dans le téléphone. Autrement dit, si

$$E = E_1 \text{ Sin. } 2 \pi \frac{t}{T} + E_2 \text{ Sin. } 4 \pi \frac{t}{T} + \ldots\ldots$$

représente par exemple, l'onde de tension perturbatrice, tout se passerait comme si une oreille, également sensible à toutes les fréquences, recevait une onde

$$E' = E_1 \mu_1 \text{ Sin. } 2 \pi \frac{t}{T} + E_2 \mu_2 \text{ Sin. } 4 \pi \frac{t}{T} + \dots\dots\dots$$

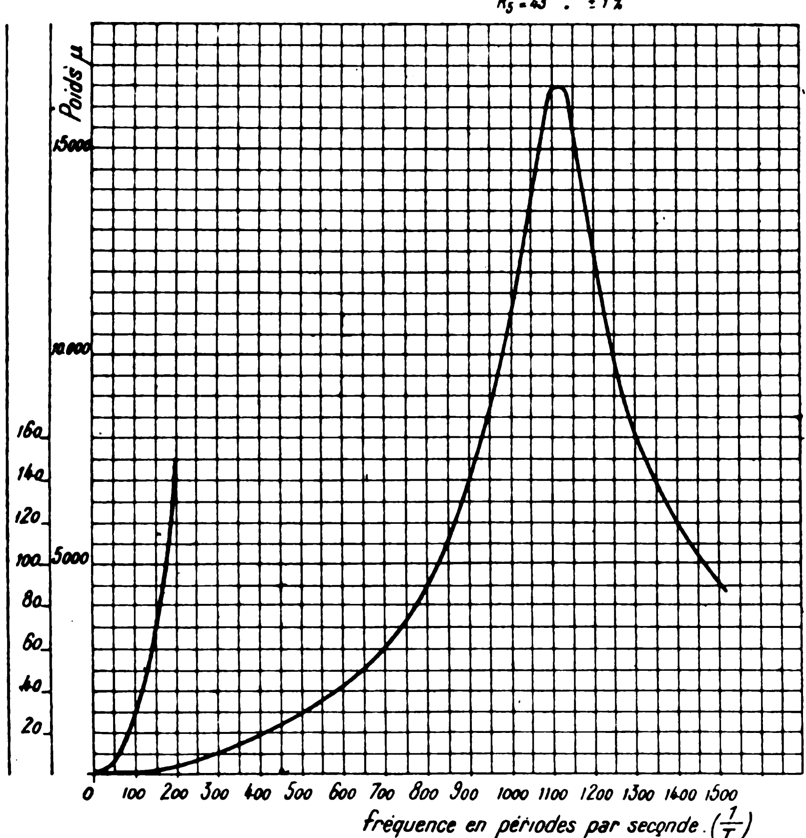


Fig. 7. — Standards of the American Institute of electrical Engineers. — Telle. phone interference factor of a Wawe. — Facteur d'interférence téléphonique λ.

Le facteur « d'influence téléphonique » λ serait alors défini d'après les Standards américains, par le rapport des tensions efficaces $E'eff$ et $Eeff$

$$\lambda = \frac{E'_{eff}}{E_{eff}} = \sqrt{\frac{\Sigma\ (E_n\ \mu_n)^2}{\Sigma\ E^2_n}}$$

Au lieu de procéder à l'analyse harmonique de l'onde E et d'effectuer les calculs compliqués correspondant à la définition même de λ, on peut procéder par expérience directe en mesurant l'intensité qui circule dans l'ampéremètre thermique de résistance R_5, quand on applique aux bornes du système de circuits repré-

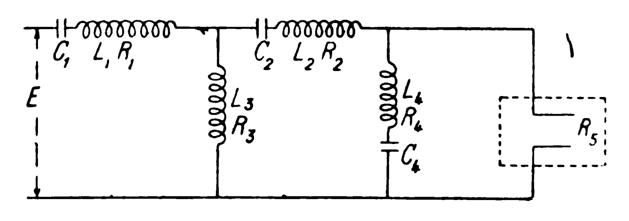


Fig. 8.

senté sur la figure 8, la force électro-motrice E. Les valeurs des capacités, des réactances et des résistances indiquées sur la figure ont été calculées de manière à obtenir, aux bornes de la résistance R_5, la force électro-motrice E′.

d) *Perturbation dans les transmissions télégraphiques.* — Les circuits télégraphiques, qui comprennent tantôt deux fils, tantôt un seul, la terre servant alors de conducteur de retour, sont parcourus par des courants non modulés de nature très complexe, dont les composantes principales ont des fréquences de l'ordre de 20 à 300 périodes par seconde.

La perturbation produite par les lignes d'énergie doit être, à intensité égale, d'autant plus forte que la fréquence du courant perturbateur est plus voisine de la fréquence propre des appareils de transmission.

Dans les limites de 25 à 200 périodes par seconde (Essais du Joint Committee) on trouve que la réduction de la vitesse de transmission des dépêches est inversement proportionnelle à la

fréquence du courant perturbateur. Comme le courant induit est proportionnel à la fréquence, on peut dire que la perturbation est pratiquement indépendante de la forme des courbes d'onde de tension et de courant et qu'elle dépend seulement de leur valeur efficace.

Un courant de 1 milliampère à 25 périodes peut, dans certaines conditions, troubler sérieusement le fonctionnement du télégraphe Morse. Le fonctionnement des appareils imprimeurs rapides (Hughe, Baudot, etc.) est en général moins influencé par les courants perturbateurs, quelle que soit leur valeur.

Le mauvais isolement des lignes télégraphiques et téléphoniques est d'ailleurs une des causes les plus caractérisées des troubles pouvant se produire au voisinage des lignes d'énergie.

Détérioration au matériel.

Incendies. — La rigidité diélectrique des isolants des fils télégraphiques et téléphoniques est en général assez faible et la tension de percement est inférieure le plus souvent à 500 volts. Il peut donc se produire, sous l'influence de tensions induites accidentellement, des ruptures d'isolement et des arcs entre conducteurs ou entre conducteur et terre. Ces élévations accidentelles de tension ne se produisent guère qu'en régime troublé, au moment où se produisent des fluctuations rapides de charges dans les lignes d'énergie.

Aimantation des bobines de pupinisation. — Les longues lignes de transmission par câbles souterrains sont toujours munies de bobines de pupinisation ; on en installe aussi quelquefois sur les lignes téléphoniques aériennes pour améliorer les communications. La réactance des bobines Pupin étant calculée de manière à compenser les effets de capacité des lignes, il importe que la self induction de ces bobines demeure constante. Or, tous les courants alternatifs ou continus, d'une intensité supérieure à celle des courants télégraphiques qui parcourent normalement les circuits des lignes téléphoniques, sont susceptibles d'aimanter

les noyaux des bobines Pupin et de changer par suite leur réactance du fait du changement de la perméabilité du fer; il en résulte une réduction de la réactance et par suite de l'impédance effective.

Si on fait parcourir une bobine Pupin par des courants continus, d'intensité croissante, on constate que la perméabilité du fer commence par augmenter légèrement, puis diminue progressivement pour tendre vers une limite. Suivant la nature du fil de fer employé pour constituer le noyau, on constate que la réactance est réduite de 50 à 60 % de sa valeur primitive.

La démagnétisation des bobines Pupin ne pouvant être effectuée commodément sur place, on est obligé de les démonter et de les remplacer par d'autres quand elles ont été aimantées.

Accidents de personnes.

Chocs électriques. — Au moment de brusques fluctuations accidentelles de charges sur les lignes d'énergie, il peut se produire par induction, des tensions dangereuses pour le personnel ou le public. D'après les renseignements recueillis aux États-Unis, il semble que des chocs électriques dangereux se soient produits au voisinage des lignes de transport d'énergie à courant alternatif ; il ne semble pas que des tensions dangereuses puissent être induites dans le cas des transports d'énergie à courant continu, même en cas de court-circuit.

Chocs acoustiques. — Les chocs acoustiques peuvent se produire dans les lignes téléphoniques, du fait de l'induction, soit de très forts courants de fréquence faible, soit de courants d'une fréquence pour laquelle l'oreille est particulièrement sensible.

L'examen de la courbe, fig. 7 montre que l'effet produit par une même intensité de courant est 1000 fois plus fort pour une fréquence de l'ordre de 1000 que pour une fréquence industrielle de 50 ou 60 périodes.

Le courant électrique passant dans le récepteur attire ou repousse violemment la membrane en produisant un claquement bref qui peut être dangereux pour le tympan.

*
* *

Études des phénomènes d'interférence.

Les phénomènes d'interférence entre lignes de transport d'énergie et lignes à courant faible, ont fait l'objet de nombreuses recherches, dans tous les pays du monde, notamment aux États-Unis, en Suisse, en Allemagne, en France; en Angleterre, on s'est peu occupé de la question, la plupart des lignes de transport d'énergie étant souterraines. La seule ligne de traction importante, électrifiée en monophasé, celle du London Brighton et South Coast Railway, ne provoque, paraît-il, aucune perturbation sur les lignes de télégraphe et de téléphone placées le long des voies sous câbles souterrains.

Les études les plus complètes, faites sur cette question, tant au point de vue théorique qu'au point de vie expérimental, tant pour les lignes de transport de force que pour les lignes de traction, semblent avoir été faites aux États-Unis. En ce qui concerne les phénomènes d'interférence entre lignes de transport de force triphasées à haute tension et lignes à courant faible, l'important travail du « Joint Committee d'Interference » publié par les soins de la Railroad Commission de Californie, renferme une documentation précieuse ; nous y ferons de fréquents emprunts.

L'étude théorique de l'induction électro-statique et électro-magnétique peut être faite par application des lois connues de l'électro-magnétisme et des équations de Maxwell ; mais étant donné le nombre considérable de paramètres figurant dans les équations, il est nécessaire, pour résoudre pratiquement les problèmes qui se posent dans les cas concrets, de recourir à des approximations et de faire des hypothèses simplificatrices.

Superposition des inductions électriques et magnétiques sur les lignes a courant faible.

Les lignes à courant faible, voisines des lignes de transport

d'énergie subissent deux sortes d'influence ; elles sont soumises à l'induction électrique et à l'induction magnétique. La première dépend de la répartition de la tension sur la ligne d'énergie, la seconde, de la répartition des courants.

Alors que le courant produit par induction magnétique est directement proportionnel à la tension induite, le courant produit par induction électrique dépend du produit de la tension induite par la longueur du parallélisme existant entre lignes à courant fort et lignes à courant faible.

L'unité d'influence est le *volt* pour l'induction magnétique, le *volt kilomètre* pour l'induction électrique, la tension induite étant proportionnelle à la longueur du parallélisme pour l'induction magnétique et indépendante de cette longueur pour l'induction électrique.

Les lignes à courant faible peuvent être unifilaires (lignes télégraphiques) avec retour par le sol, ou bifilaires (lignes téléphoniques), les deux fils étant entièrement isolés de la terre.

Dans le cas de la ligne *unifilaire*, les courants sont dus aux forces électro-motrices induites le long de la ligne (voltage longitudinal d'induction électrique ou voltage longitudinal d'induction magnétique).

Dans le cas d'une ligne *bifilaire*, les courants sont dus aux forces électro-motrices induites dans l'ensemble du circuit : voltage *transversal* d'induction électrique ou magnétique. La force électro-motrice d'induction électrique est la différence des voltages d'induction électrique longitudinale existant entre chaque côté du circuit et la terre ; il en est de même dans le cas de l'induction magnétique.

Dans le cas où les lignes à courant faible sont constituées par des câbles à enveloppe de plomb reliée à la terre, constituant cage de Faraday, l'induction électrique est nulle ; quant à l'induction magnétique, elle est réduite, mais seulement dans une faible proportion.

Dans le cas des lignes à courant faible, multiples, on observe un effet d'écran qui peut être assez important.

COURANTS OU TENSIONS POLYPHASÉS ÉQUILIBRÉS OU RÉSIDUELS.

Dans l'étude des phénomènes d'induction entre circuits à courant fort et à courant faible, il est commode d'établir dès le début une distinction entre les courants ou tensions équilibrés et les courants ou tensions résiduels en prenant la terre comme conducteur neutre ou de référence ; cette distinction est intéressante à établir dans le cas des circuits industriels dans lesquels on fait circuler en somme, uniquement des courants triphasés ou monophasés à peu près équilibrés, de différentes fréquences (1).

Pour préciser ce qu'on entend par « courants résiduels », nous nous placerons dans deux cas particuliers : celui des circuits monophasés et celui des circuits triphasés.

Un circuit monophasé, constitué par deux conducteurs métalliques, isolés du sol, placés parallèlement entre eux et à la terre, formant l'un l'aller, l'autre le retour du courant, sont dits complètement équilibrés par rapport à la terre.

Un circuit monophasé constituée par un seul conducteur isolé, parallèle au sol (aller), le retour du courant se faisant par des rails reliés à la terre, est complètement déséquilibré ; la tension ou le courant résiduel sont égaux à la tension ou au courant total. Considérons maintenant un circuit triphasé dans lequel les tensions entre phases sont égales et comprenant 3 conducteurs isolés du sol. Si, en un point donné, on connaît la tension d'un des conducteurs par rapport au sol, les tensions par rapport au sol des deux autres conducteurs seront également déterminées. Chacune de ces tensions pourra être considérée comme la résultante de la tension par rapport au point neutre fictif ou réel de la distribution polyphasée équilibrée et de la tension de ce point neutre par rapport à la terre. La somme des tensions entre chaque phase et neutre est nulle à chaque instant par définition même de la distribution polyphasée ; la tension résiduelle par

(1) Une distribution à courant continu étant considérée comme une distribution monophasée de fréquence nulle.



rapport à la terre sera égale à trois fois la tension du point neutre par rapport à la terre.

Si un des conducteurs est relié au sol, la tension résiduelle totale (en supposant que la tension entre fils E ne change pas) sera égale à $\frac{3E}{\sqrt{3}} = E\sqrt{3}$.

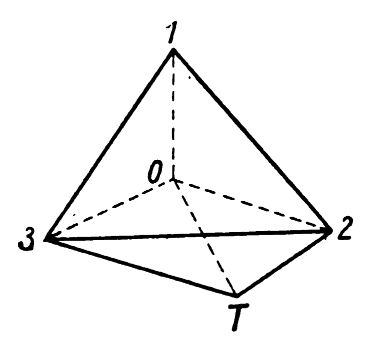


Fig. 9.

Les courants circulant dans les 3 conducteurs du circuit triphasé peuvent être considérés comme la superposition de trois systèmes de courant : les courants circulant entre le point neutre fictif ou réel et les 3 phases, les courants monophasés circulant entre deux phases, les courants monophasés circulant entre la terre et le point neutre.

Le courant résiduel est la somme vectorielle des courants circulant dans les 3 phases. Son action est équivalente à celle d'un circuit monophasé comprenant comme conducteur d'aller, les fils de la ligne d'énergie en parallèle et comme conducteur de retour, la terre. La définition de la terre comme conducteur de retour présente une certaine indétermination, car la répartition du courant dans le sol dépend d'une foule de conditions locales.

Le « Joint Committe » a effectué le calcul des inductions par les courants, en supposant que l'action de la terre pouvait être remplacée par un plan parfaitement conducteur qu'il appelle « plan de terre équivalent ».

Le paramètre H, hauteur de la ligne, s'entend, non pas hauteur de la ligne au-dessus du sol, mais hauteur de la ligne au-

dessus du plan de terre équivalent. La position de ce plan de terre peut varier suivant les terrains entre 80 et 500 mètres au-dessous du sol. Il faut noter qu'à partir d'une certaine valeur de H l'erreur produite par cette indétermination est faible.

Considérons maintenant, au voisinage de la ligne d'énergie, un élément de ligne à courant faible. Le champ magnétique dû aux courants équilibrés ne diffère pas beaucoup de zéro si les distances de l'élément aux conducteurs de la ligne d'énergie sont peu différentes. Le champ magnétique dû aux courants résiduels est en général assez mal déterminé ; il est toujours beaucoup plus grand que celui dû aux courants équilibrés, du fait de la profondeur toujours assez grande que l'on doit donner au plan de terre. Cette profondeur dans le cas des lignes de traction électrique est d'autant plus grande que la fréquence du courant industriel est plus élevée.

Dans certains essais effectués en Californie, on a trouvé dans le cas d'une certaine ligne triphasée à 55.000 v. que, à inductions produites égales :

1 ampère résiduel était équivalent à 40 a. de courant équilibré,
1 volt résiduel — à 110 v. de tension équilibrée.

Les tensions et courants résiduels renferment une proportion d'harmoniques plus grande que les tensions et courants équilibrés ; certaines séries d'harmoniques, les harmoniques 3 et multiples de 3 notamment, apparaissent comme amplifiées dans les résiduels.

Production des résiduels.

D'une façon générale, les résiduels se produisent dès qu'il existe une dissymétrie quelconque par rapport au sol, géométrique ou électrique, des différentes phases d'une ligne de transport d'énergie.

Les principales causes de formation de résiduels sont en plus de celles dues aux courants parasites provenant des appareils de génération, de transformation ou d'utilisation de l'énergie, l'inégalité d'admittance ou de capacité des différentes phases du circuit. Les différences d'admittance proviennent soit de diffé-

rences d'isolement des isolateurs (dissymétrie électrique), soit de différences de position des divers conducteurs par rapport au sol, soit de la configuration du circuit, de la dimension des conducteurs, etc. (dissymétries géométriques).

Dans un réseau sans connexion avec la terre, il se produit, du fait de transpositions non équilibrées, une tension résiduelle : si le neutre du réseau est mis à la terre, la tension diminue, mais il se produit un courant résiduel.

Si on se place dans l'hypothèse de réseaux de construction absolument parfaite, on voit :

a) que pour les transports d'énergie polyphasés équilibrés, dont le neutre serait à la terre, il n'y aurait ni tension, ni courant résiduel.

b) que pour les réseaux de traction monophasés, avec retour par les rails et la terre, le courant et la tension seraient entièrement résiduels. Les effets pertubateurs à régime constant sont proportionnels à la fréquence.

c) que pour les réseaux de traction à courant continu, avec retour par la terre, qui ne sont autre chose que des réseaux monophasés à fréquence *nulle*, le courant et la tension seraient entièrement résiduels. Les effets perturbateurs seraient nuls à régime constant.

Application des équations de Maxwell au cas des parallélismes.

Une section de ligne dans laquelle tous les fils constituant les lignes à courant fort et à courant faible restent parallèles est ce que l'on est convenu d'appeler « un parallélisme ».

Dans un parallélisme, la configuration propre et relative de chaque circuit demeurant invariable, on peut, par application des équations de Maxwell, et au moyen de calculs plus longs que difficiles, déterminer les valeurs numériques de 8 tensions que nous avons définies précédemment, savoir :

Les tensions *longitudinales* et les tensions *transversales*.

induites par
- les tensions équilibrées de la ligne d'énergie,
- les courants —
- les tensions résiduelles de la ligne d'énergie,
- les courants —

Les calculs sont effectués de manière à obtenir :

Soit les volts induits dans la ligne à courant faible par kilovolt de tension polyphasée entre conducteurs de ligne d'énergie (tensions équilibrées) ou par kilovolt de tension monophasée entre les conducteurs de la ligne d'énergie placés en parallèle et la terre (tension résiduelle).

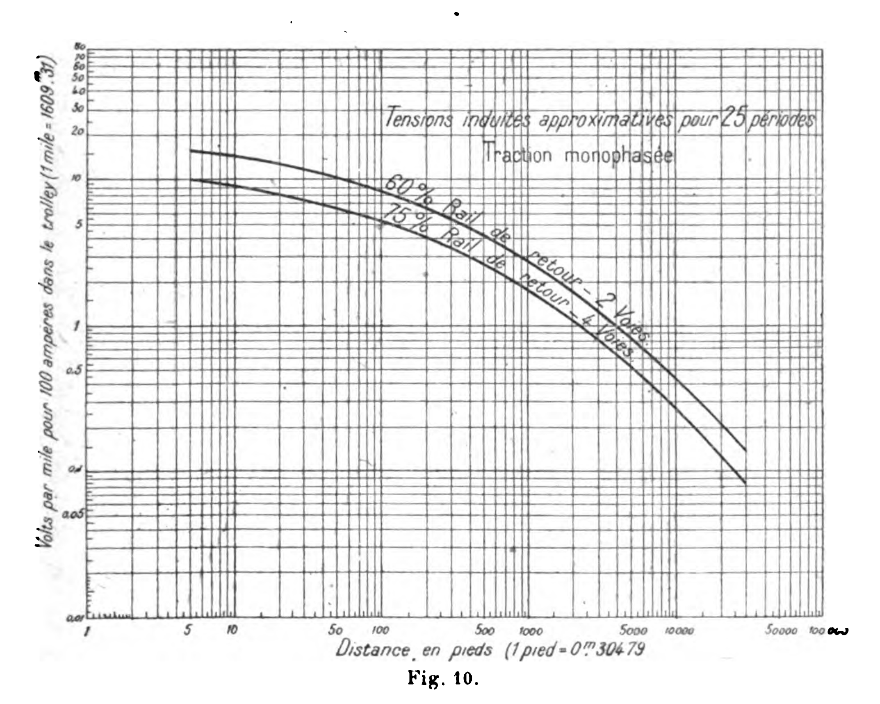


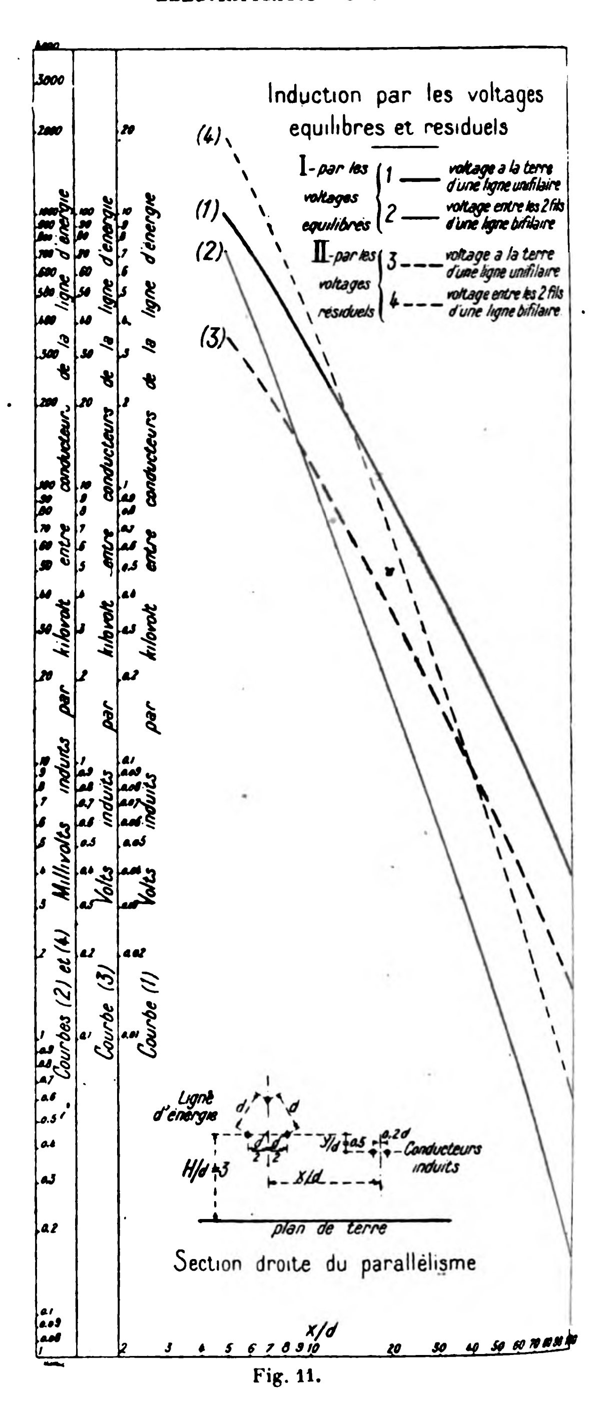
Fig. 10.

Soit les volts induits à la fréquence f, dans la ligne à courant faible, par kilomètre de parallélisme et par ampère de courant *polyphasé* circulant dans chaque phase de la ligne d'énergie (courants équilibrés) ou par ampère de courant *monophasé* dans les conducteurs de la ligne d'énergie placés en parallèle et la terre (courants résiduels) (1).

Le « Joint Committee » de Californie a effectué complètement

(1) Dans le cas des courants résiduels il faut admettre pour le plan de terre équivalent une profondeur déterminée que l'on choisit plus ou moins arbitrairement. D'où une certaine incertitude sur la valeur des résultats obtenus.





Induction par les voltages équilibrés et résiduels
I - par les voltages équilibrés
1 — voltage à la terre d'une ligne unifilaire
2 — voltage entre les 2 fils d'une ligne bifilaire
II - par les voltages résiduels
3 --- voltage à la terre d'une ligne unifilaire
4 --- voltage entre les 2 fils d'une ligne bifilaire
(1)
(2)
(3)
(4)
Courbes (2) et (4) Millivolts induits par kilovolt entre conducteur de la ligne d'énergie
Courbe (3) Volts induits par kilovolt entre conducteurs de la ligne d'énergie
Courbe (1) Volts induits par kilovolt entre conducteurs de la ligne d'énergie
Ligne d'énergie
Conducteurs induits
H/d = 3
x/d
plan de terre
Section droite du parallélisme

Fig. 11.

les calculs en question pour 21 dispositions différentes de lignes d'énergie triphasées et de lignes à courant faible ; comme pour chaque disposition, on a d'ailleurs fait varier les grandeurs des paramètres variables dans de larges limites, les travaux du Joint Committee nous permettent, dans le cas des lignes triphasées, de nous rendre compte entièrement, non seulement de l'allure

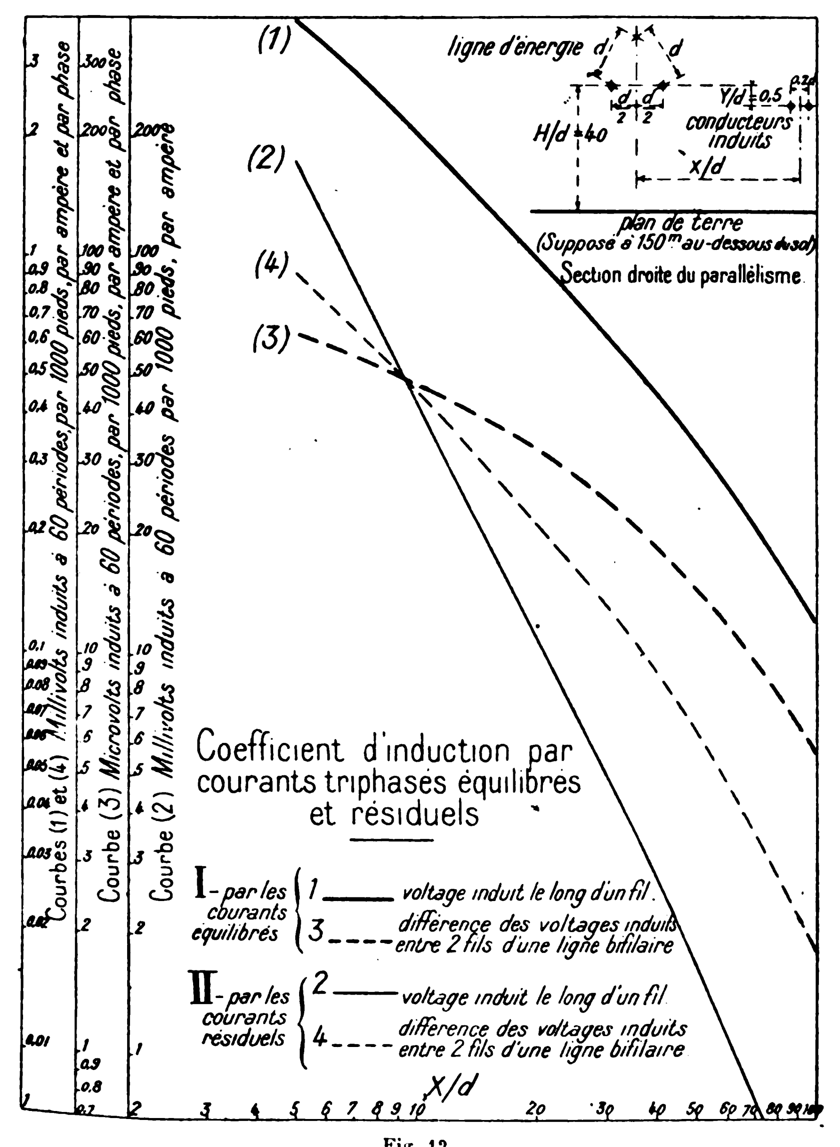


Fig. 12.

des phénomènes, mais encore de leur grandeur absolue. Il serait désirable qu'un travail analogue fût entrepris et exécuté d'une façon systématique dans le cas, d'ailleurs plus simple, des lignes monophasées. Les figures 11 et 12 donnent, pour une configuration particulière, la variation des 8 tensions induites considérées en fonction de la distance.

La figure 10 donne la valeur de la tension induite magnétiquement par mille (1.609 mètres) de longueur dans une ligne téléphonique, pour un courant de fréquence 25 et d'intensité de 100 ampères, en fonction de la distance en pieds (0 m. 303). Sur ce graphique, sont représentées deux courbes, correspondant chacune à une valeur définie de la répartition du courant entre rails de roulement et terre. On a admis dans le cas d'une ligne à 2 voies que 60 °/₀ du courant passait dans les rails et que dans le cas d'une ligne à 4 voies, il en passait 75 °/₀.

L'examen de cette figure montre que l'induction varie assez lentement avec l'écartement, à peu près suivant la puissance 1,2 de l'inverse de la distance pour les petits écartements et la puissance 1 pour les grands.

Dans le cas des lignes triphasées, on observe que les différentes tensions induites décroissent à peu près comme une puissance de l'inverse de la distance qui est, pour les tensions longitudinales, de l'ordre de 2 pour l'induction électrique et de 1 pour l'induction magnétique.

Pour la tension transversale, les variations sont naturellement plus rapides (puissances 2,5 et 2,9).

En moyenne, pour les lignes à courant faible aériennes, les calculs effectués par le Joint Committee montrent que le nombre de volts kilomètres d'induction électrique donnant le même courant qu'un volt d'induction magnétique est, pour une même fréquence f, égal à environ :

$\frac{29.000}{f}$ pour l'induction longitudinale,

$\frac{34.000}{f}$ pour l'induction transversale (circuits non pupinisés),

$\frac{14.500}{f}$ pour l'induction transversale (circuits pupinisés).

Ces principes et ces résultats généraux étant rappelés, nous allons résumer rapidement quelles sont les causes pratiques de formation de tensions ou de courants résiduels dans les lignes de transport d'énergie en examinant successivement :

1° Les causes de production de courants et de tensions parasites dans les appareils de génération, de transformation ou d'utilisation de l'énergie ;

2° Les moyens employés pour éliminer ou atténuer les effets normaux des résiduels sur les lignes de transport de force et sur les lignes de traction supposées fonctionner en régime constant ;

3° Les moyens employés pour atténuer les troubles accidentels d'exploitation dans les lignes à courant faible, en cas de variations brusques de régime dans les lignes de transport d'énergie.

1° Tensions et courants parasites produits dans les appareils électriques de génération, de transformation ou d'utilisation.

Les irrégularités des courbes d'onde de tension ou de courant résultent habituellement :

1° de la construction des générateurs et des moteurs,

2° de l'emploi des transformateurs quand le fer des noyaux est voisin de la saturation,

3° de la présence de moteurs et d'arcs électriques dans les circuits d'utilisation.

Dans le cas du courant alternatif, les spécifications normales approuvées par les associations d'Ingénieurs électriciens, précisent que l'écart maximum entre ordonnées correspondantes de la courbe d'onde réelle et de la sinusoïde équivalente (c'est-à-dire de même valeur efficace) ne doit pas dépasser 10 °/₀ de l'ordonnée maximum de la sinusoïde équivalente. Mais cette spécification ne précise aucune règle permettant d'éliminer certains harmoniques qui peuvent être plus gênants que d'autres comme nous l'avons vu précédemment. C'est pour cette raison que l'Association des Ingénieurs américains essaie actuellement d'introduire la notion de ce facteur « d'interférence téléphonique »

dont il a été question plus haut ; la valeur limite à adopter pour ce coefficient n'a pas été encore fixée.

Nous n'entreprendrons pas de décrire ici les dispositions techniques que l'on peut employer pour obtenir des ondes sinusoïdales. Nous nous bornerons à rappeler qu'en adoptant un nombre suffisant d'encoches par pôle et par phase et en prenant les précautions voulues pour que le flux varie aussi progressivement que possible dans chacune d'elles (variation d'entrefer, encoche ou cornes polaires inclinées etc...) on arrive actuellement sans grande dépense à avoir des courbes d'onde très pures.

Dans le cas des génératrices à courant continu, on ne précise, dans les spécifications normales, aucune condition spéciale de réception, car, en général, les courants et tensions parasites sont de très faible amplitude dès que le nombre d'encoches est assez grand. Néanmoins, dans certaines installations à courant continu, comme celle du Chicago Milvaukee Saint-Paul, où on ne s'était pas préoccupé, dans la construction des machines, de l'élimination des parasites, on a constaté la présence de courant alternatif de fréquence d'environ 1.300 périodes par seconde (harmoniques d'encoches).

Les génératrices à courant continu employées dans les installations de traction étant synchrones, la fréquence des courants ou tensions parasites est bien définie et il est possible de localiser leur circulation dans un circuit étouffeur au moyen d'un shunt résonnant accordé pour la fréquence en question. C'est ce qui a été réalisé au Chicago Milwaukee Saint-Paul avec un plein succès.

On peut aussi, ce qui a été fait pour les machines construites un peu plus tard, pour la même installation, proportionner les armatures et les inducteurs, de manière à réduire l'amplitude des parasites et en augmenter la fréquence.

Dans le cas du Chicago Milvaukee Saint-Paul, on a pu, en décalant l'un par rapport à l'autre les induits des deux génératrices à 1.500 volts, placées normalement en série, de la largeur d'une demi-encoche, doubler la fréquence des harmoniques d'encoches et réduire leur amplitude de plus de moitié.

*
* *

Les transformateurs statiques utilisés dans les distributions à courant alternatif provoquent la production d'harmoniques 3 du fait de la variation de la perméabilité du fer avec le champ magnétique.

Les harmoniques supérieurs, d'ordre 3 ou multiples de 3 sont en phase dans les 3 branches d'un transformateur triphasé; les tensions correspondantes s'ajoutent donc dans chaque enroulement, de manière à produire la création dans l'appareil d'une *f. e. m.* monophasée de fréquence 3 *f*. Si l'enroulement considéré est branché en triangle, la tension monophasée induite provoque, dans cet enroulement de très faible résistance, un courant de circulation qui étouffe le champ magnétique correspondant de fréquence 3 *f*.

Si, au contraire, l'enroulement est connecté en étoile, les forces électro-motrices de fréquence 3 *f* et de même phase produites dans chaque branche du transformateur triphasé peuvent produire un courant de circulation dans le sol, si le neutre de l'étoile est relié à la terre.

Si, dans le même transformateur, il y a, à la fois, un enroulement en étoile avec neutre relié à la terre et un enroulement branché en triangle, ce dernier joue encore le rôle d'étouffeur d'harmoniques et il ne se produira pas d'écoulement normal de courant à la fréquence 3 dans le sol.

Étant donné le très grand intérêt qui existe dans les réseaux de transport de force à mettre le neutre à la terre, au moins en un point, afin de donner une valeur définie à la tension électrostatique des différentes phases du réseau aérien par rapport au sol, on prévoit, dans les transformateurs à très haute tension, un enroulement spécial branché en triangle, ayant précisément pour objet d'étouffer les harmoniques d'ordre 3 ou multiples de 3.

Dans les grands réseaux de transport de force, comme ceux qui sont à l'étude à la Compagnie d'Orléans, on prévoit dans les postes principaux de transformation où s'effectuera l'échange d'énergie entre réseau à 150.000 et réseau à 90.000 volts des

dont il a été question plus haut ; la valeur limite à adopter pour ce coefficient n'a pas été encore fixée.

Nous n'entreprendrons pas de décrire ici les dispositions techniques que l'on peut employer pour obtenir des ondes sinusoïdales. Nous nous bornerons à rappeler qu'en adoptant un nombre suffisant d'encoches par pôle et par phase et en prenant les précautions voulues pour que le flux varie aussi progressivement que possible dans chacune d'elles (variation d'entrefer, encoche ou cornes polaires inclinées etc...) on arrive actuellement sans grande dépense à avoir des courbes d'onde très pures.

Dans le cas des génératrices à courant continu, on ne précise, dans les spécifications normales, aucune condition spéciale de réception, car, en général, les courants et tensions parasites sont de très faible amplitude dès que le nombre d'encoches est assez grand. Néanmoins, dans certaines installations à courant continu, comme celle du Chicago Milvaukee Saint-Paul, où on ne s'était pas préoccupé, dans la construction des machines, de l'élimination des parasites, on a constaté la présence de courant alternatif de fréquence d'environ 1.300 périodes par seconde (harmoniques d'encoches).

Les génératrices à courant continu employées dans les installations de traction étant synchrones, la fréquence des courants ou tensions parasites est bien définie et il est possible de localiser leur circulation dans un circuit étouffeur au moyen d'un shunt résonnant accordé pour la fréquence en question. C'est ce qui a été réalisé au Chicago Milwaukee Saint-Paul avec un plein succès.

On peut aussi, ce qui a été fait pour les machines construites un peu plus tard, pour la même installation, proportionner les armatures et les inducteurs, de manière à réduire l'amplitude des parasites et en augmenter la fréquence.

Dans le cas du Chicago Milvaukee Saint-Paul, on a pu, en décalant l'un par rapport à l'autre les induits des deux génératrices à 1.500 volts, placées normalement en série, de la largeur d'une demi-encoche, doubler la fréquence des harmoniques d'encoches et réduire leur amplitude de plus de moitié.

*
* *

Les transformateurs statiques utilisés dans les distributions à courant alternatif provoquent la production d'harmoniques 3 du fait de la variation de la perméabilité du fer avec le champ magnétique.

Les harmoniques supérieurs, d'ordre 3 ou multiples de 3 sont en phase dans les 3 branches d'un transformateur triphasé; les tensions correspondantes s'ajoutent donc dans chaque enroulement, de manière à produire la création dans l'appareil d'une *f. e. m.* monophasée de fréquence 3 *f*. Si l'enroulement considéré est branché en triangle, la tension monophasée induite provoque, dans cet enroulement de très faible résistance, un courant de circulation qui étouffe le champ magnétique correspondant de fréquence 3 *f*.

Si, au contraire, l'enroulement est connecté en étoile, les forces électro-motrices de fréquence 3 *f* et de même phase produites dans chaque branche du transformateur triphasé peuvent produire un courant de circulation dans le sol, si le neutre de l'étoile est relié à la terre.

Si, dans le même transformateur, il y a, à la fois, un enroulement en étoile avec neutre relié à la terre et un enroulement branché en triangle, ce dernier joue encore le rôle d'étouffeur d'harmoniques et il ne se produira pas d'écoulement normal de courant à la fréquence 3 dans le sol.

Étant donné le très grand intérêt qui existe dans les réseaux de transport de force à mettre le neutre à la terre, au moins en un point, afin de donner une valeur définie à la tension électrostatique des différentes phases du réseau aérien par rapport au sol, on prévoit, dans les transformateurs à très haute tension, un enroulement spécial branché en triangle, ayant précisément pour objet d'étouffer les harmoniques d'ordre 3 ou multiples de 3.

Dans les grands réseaux de transport de force, comme ceux qui sont à l'étude à la Compagnie d'Orléans, on prévoit dans les postes principaux de transformation où s'effectuera l'échange d'énergie entre réseau à 150.000 et réseau à 90.000 volts des

transformateurs à trois enroulements, deux enroulements en étoile reliés respectivement aux lignes à 150.000 et 90.000 volts; le troisième, branché en triangle, alimente un compensateur synchrone. Les compensateurs synchrones de chaque poste de transformation à haute tension assureront le réglage de la tension à quelques °/₀ près.

Les moteurs de traction provoquent aussi la création d'harmoniques de denture, mais du fait des variations continuelles de fréquence et de décalage des parasites, il se produit une compensation partielle dont nous reparlerons plus loin.

La présence des arcs électriques dans les circuits d'utilisation provoque la production d'harmoniques du fait même des conditions de fonctionnement de l'arc. Quand certaines conditions sont réalisées, on observe la production de courants de fréquence très élevée (phénomène de l'arc chantant).

Réduction des actions perturbatrices en régime normal.

On peut réduire les actions perturbatrices qui se produisent en régime normal en agissant, soit sur les lignes de transport d'énergie, soit sur les lignes à courant faible. En agissant sur la ligne d'énergie, on fait disparaître ou on réduit la cause des perturbations ; en agissant sur la ligne de signalisation, on en atténue les effets.

La méthode générale consiste à produire une « compensation », soit par un changement périodique de configuration des circuits dans des sections successives de lignes, soit par addition de circuits spéciaux, dits de « compensation » transformant un système résiduel en système plus ou moins exactement équilibré.

Transpositions ou rotations.

Les phénomènes d'interférence produits par des tensions ou courants équilibrés (polyphasés) peuvent être théoriquement annulés en procédant, dans l'installation des lignes d'énergie, à des permutations rationnelles des phases du circuit, de manière à

compenser les tensions et courants induits dans une section du parallélisme par ceux produits dans des sections suivantes. La symétrie de configuration entre ligne de signalisation et ligne d'énergie étant alors complètement rétablie, l'action des tensions ou courants polyphasés est nulle. Le Railroad Commission de Californie conseille une transposition tous les 1.500 mètres pour les lignes d'une tension supérieure à 50.000 volts, tous les 250 mètres environ pour les lignes d'une tension inférieure à 50.000 volts.

Il faut bien distinguer ces transpositions locales faites dans un parallélisme, des transpositions normales prévues entre postes à haute tension en vue d'égaliser la tension de chaque phase du circuit d'énergie par rapport à la terre.

Les transpositions de la ligne d'énergie n'ont aucun effet sur les résiduels puisque nous avons vu que pour ces résiduels les conducteurs de la ligne d'énergie se comportent comme s'ils étaient tous en parallèle.

Les transpositions pratiquées sur les conducteurs des lignes de signalisation ont pour effet :

a) d'égaliser la capacité des divers conducteurs par rapport à la terre ;

b) de diminuer l'induction entre les différents circuits d'un réseau de lignes de signalisation et d'éviter les mélanges de communication ;

c) d'égaliser les tensions longitudinales induites sur les conducteurs aller et retour d'un même circuit et d'annuler la tension transversale.

Ces transpositions n'annulant pas les tensions longitudinales induites, pour leur donner le plus d'efficacité possible, il faut les coordonner avec les transpositions des lignes d'énergie.

Multiplication des points d'alimentation.

En augmentant le nombre des points d'alimentation d'une ligne d'énergie, on peut produire une compensation des effets d'induction entre sections successives de lignes tout à fait analogue à celle obtenue par des transpositions. Si les charges



étaient les mêmes entre sections successives, cette compensation pourrait être même plus parfaite, puisque le sens du courant résiduel dans la terre change dans chaque section.

Dans le cas des lignes de traction, le rapprochement des sous-stations n'a pas seulement un effet « compensateur », il contribue aussi largement à réduire la surface du circuit inducteur. Nous avons déjà indiqué que les courants de traction, au lieu d'utiliser uniquement les rails comme conducteur de retour, circulaient dans le sol. Cette fuite du courant est, du fait de l'impédance des rails en acier, d'autant plus importante que la fréquence du courant est plus grande et que les sous-stations sont plus écartées. En prenant la précaution de laisser un intervalle entre le dessous du rail et le ballast, on réalise une voie de roulement suffisamment isolée de la terre pour que la déperdition du courant soit très faible en courant continu. Il n'en est malheureusement pas ainsi avec du courant alternatif à 15 périodes et il n'est pas rare de constater qu'au milieu de l'intervalle entre sous-stations, il n'y a guère que de 30 à 40 % du courant alternatif qui passe effectivement dans le rail. Plus le retour par la terre est important, plus grande est la profondeur du conducteur linéaire fictif qui joue le même effet que la terre dans les phénomènes d'induction. Il résulte de là que le flux inducteur agissant sur les lignes de signalisation augmente avec la fréquence ; la tension induite croîtra donc suivant une puissance de la fréquence supérieure à l'unité.

Il n'est pas inutile de rappeler que dans le cas du courant continu (monophasé à fréquence nulle), le rapprochement des sous-stations n'a pas le même intérêt. Alors que, dans les installations à courant alternatif américaines et italiennes, on constate que les sous-stations de traction ont un écartement de l'ordre de 3 à 4 kilomètres, pour des tensions d'alimentation de 3.000 à 15.000 volts, cet écartement atteint 50 kilomètres pour des tensions de 3.000 volts seulement en courant continu.

SECTIONNEMENT DES LIGNES.

L'amélioration produite par les rapprochement des sous-stations sera encore augmentée par le sectionnement des lignes au droit de chaque sous-station; mais ce sectionnement est très onéreux du fait de la multiplication des appareils de transformation dans chaque sous-station ; il est aussi très préjudiciable au réglage de la tension et au rendement.

ÉCARTEMENT DES LIGNES D'ÉNERGIE ET DE SIGNALISATION.

L'écartement des lignes d'énergie et de signalisation a un double effet ; il rétablit la symétrie pratique de configuration pour une distance suffisante et il atténue très nôtablement les effets d'induction électrostatique et électromagnétique.

Les expériences du « Joint Committee » permettent d'affirmer que pour les écartements indiqués ci-dessous, on peut installer des lignes d'énergie et de signalisation comme si chacune d'elles était seule.

Tension entre phases des lignes d'énergie en kilowolts.	Écartement minimum entre ligne d'énergie et ligne de signalisation en mètres.
inférieure à 50 kilovolts	180 mètres
de 50 kv. à 75 kv.	225 —
75 kv. à 100 kv.	250 —
100 kv. à 150 kv.	300 —
150 kv. à 200 kv.	360 —

L'écartement des lignes d'énergie et des lignes de signalisation est un moyen efficace, mais pratiquement inapplicable au moins dans des cas très nombreux, les lignes d'énergie convergeant vers les grandes agglomérations devant avoir fatalement des tracés voisins de ceux des lignes de signalisation.

Mise sous cable des lignes de signalisation.

La mise sous câble de lignes de signalisation permet d'annuler tout effet d'induction électrostatique, l'enveloppe de plomb jouant le rôle d'une cage de Faraday. Si les conducteurs constituant un même circuit télégraphique ou téléphonique sont torsadés ensemble, la tension transversale est annulée et il y a compensation parfaite de toutes inductions électromagnétiques.

Ceci ne veut pas dire que la tension d'origine électromagnétique longitudinale est annulée : on a observé dans des essais effectués au New-York New Haven Hartford, des tensions entre conducteurs souterrains et terre, de l'ordre de plusieurs centaines de volts.

Circuits compensateurs.

En régime normal, dans le cas des réseaux de traction où les rails de roulement et la terre sont utilisés comme conducteurs de retour, l'ensemble des tensions et des courants est résiduel, tandis que dans le cas des réseaux de transport de force bien construits, il n'existe pas de résiduels à la fréquence fondamentale.

Pour qu'un réseau de traction constitue lui aussi un circuit équilibré, il faut recourir au système de distribution à « double trolley » comprenant deux lignes de contact parallèles constituant, l'une l'aller, l'autre le retour du courant. La disposition des lignes serait analogue à celle des lignes triphasées italiennes ou suisses et elle présenterait, au point de vue pratique, les mêmes inconvénients. Ces lignes sont très coûteuses et très difficiles à construire ; elles exigent un entretien délicat qu'il paraît impossible d'assurer sans consentir des interruptions journalières de services de plusieurs heures.

Cette distribution monophasée équilibrée, qui est théoriquement parfaite au point de vue de la suppression des phénomènes d'interférence, n'a été employée nulle part (1) ; toutefois

(1) Exception faite de la ligne à $\pm$ 1.200 v. de La Mure à Saint-Georges-de-Commiers.

on s'est inspiré de sa conception pour réaliser des systèmes de distribution à peu près équilibrés ne comportant qu'une seule ligne de contact.

Distribution a trois fils.

On pourrait constituer un système équilibré en adoptant une disposition analogue à celle utilisée par le Nord-Sud de Paris, en prenant comme conducteur d'alimentation une ligne aérienne de contact pour l'aller et un troisième rail pour le retour.

Disposition du New-York New-Haven et Hartford.

La disposition adoptée par le New-York New-Haven et Hartford en 1911, pour réduire l'intensité des phénomènes d'interférence sur les lignes de signalisation aériennes et souterraines dérive de la précédente : elle consiste à installer aussi près que possible des fils de contact, un feeder de retour tel que la tension entre fil et feeder soit double de la tension entre fil et terre.

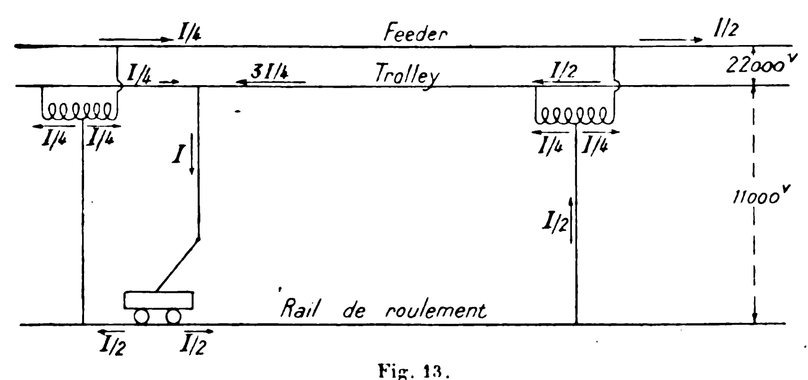


Fig. 13.

Des autotransformateurs, appelés « transformateurs d'équilibre » sont alimentés à la tension de 22.000 v. qui existe entre feeder et ligne ; ils fonctionnent comme des transformateurs de rapport 2/1, le neutre de chaque enroulement étant relié aux voies de roulement.

La répartition des courants dans les circuits est indiquée sur la figure 13 ci-contre. Sauf dans la section comprise entre deux transformateurs successifs où se trouve un train, il ne circule aucun courant destiné à l'alimentation de ce train dans les rails de roulement. Les courants correspondants circulant dans le feeder et la ligne de contact sont égaux et de sens coutraire. Si l'intervalle entre transformateurs d'équilibre est réduit à 4 ou 5 kilomètres, on voit que, pour chaque train en marche, il y aura, entre ligne d'énergie et ligne de signalisation, un parallélisme de seulement 4 ou 5 km. dans lequel le courant de traction sera entièrement résiduel. Partout ailleurs, le circuit sera équilibré.

Cette disposition, excessivement ingénieuse, annule en même temps les résiduels de tension et de courant dans toutes les sections où ne se trouve pas de train. Elle donne une solution très élégante, bien qu'incomplète, d'une difficulté qui paraissait presque insurmontable.

Transformateurs suceurs.

Une disposition analogue, bien que plus simple, consiste à effectuer séparément l'atténuation des résiduels de courant et de tension.

Des transformateurs série, de rapport de transformation sensiblement égal à 1/1, permettent de faire circuler un courant égal et de sens contraire à celui qui passe dans la ligne de contact, dans un feeder tendu au voisinage de celle-ci. Les rails de roulement sont reliés au feeder de retour au milieu de l'intervalle entre deux transformateurs successifs. Le résiduel de courant est sensiblement annulé dans toutes les sections autres que celles où se trouve un train en marche.

Au lieu de placer le transformateur suceur en série avec le conducteur de contact, on peut le placer sur la voie. Plusieurs combinaisons sont possibles; elles semblent devoir toutes donner des résultats équivalents.

Fil de contre-tension.

Pour annuler la tension résiduelle, on dispose à côté du fil de contact, un conducteur, dit fil de « contre-tension », que l'on soumet à une tension opposée à celle de la ligne d'alimentation. En choisissant convenablement la tension en valeur et en phase, on arrive à neutraliser exactement l'action électrique de la tension résiduelle sur un fil ayant une position définie par rapport au circuit de traction. Pour les fils de signalisation voisins, l'action électrique est alors très faible.

Addition et modification au réseau de signalisation.

On améliorerait, d'une façon générale, le fonctionnement des réseaux de signalisation (télégraphe, téléphone, signaux) en augmentant l'isolement des lignes et des appareils qui est souvent assez faible ; on accroîtrait aussi la sécurité de l'exploitation en dotant les réseaux de parafoudres à gros débit. Les réseaux n'ont pas, en effet, à se protéger uniquement contre les lignes d'énergie voisines ; d'autres causes, au moins aussi importantes, peuvent troubler leur marche : les orages, les coups de foudre, le passage de nuages électrisés, etc.

Les principales mesures proposées et quelquefois prises pour protéger les lignes de signalisation contre les effets de l'induction comportent l'installation :

1° *de transformateurs compensateurs* permettant d'annuler les tensions induites dans certains circuits importants ;

2° *de bobines de drainage* permettant d'écouler dans le sol certains courants parasites ;

3° *de circuits résonnants* accordés pour une fréquence déterminée provoquant l'écoulement vers le sol des courants de cette périodicité ;

4° *de récepteurs haut-parleurs* permettant d'éloigner l'oreille de l'opérateur des membranes vibrantes ;

5° *de sonneries à induction* avec ou sans relais ;

6° *de bouchons* du genre de ceux étudiés par M. Latour et Bethenod ;

7° *d'écrans*.

Bien entendu, dans les lignes téléphoniques comme dans les lignes d'énergie, les transpositions doivent être employées en vue d'annuler la tension transversale induite.

Le sectionnement des lignes téléphoniques en plusieurs points peut également être avantageux dans certains cas de parallélisme.

Réduction des actions perturbatrices en régime troublé.

Nous avons vu qu'en régime constant, les circuits monophasés donnaient lieu à une perturbation permanente, tandis que les circuits polyphasés et continus ne causaient aucun trouble, les premiers, du fait de la compensation obtenue grâce à de simples transposition, les seconds, du fait de l'absence de pulsations de la tension ou du courant. Il y a donc, à ce point de vue, une différence essentielle entre ces divers modes de distribution. En régime troublé, ces distinctions disparaissent et il ne paraît pas qu'un mode d'alimentation ait alors une supériorité caractérisée sur les autres.

Il existe cependant, en pratique, des différences importantes entre les effets d'un court-circuit en courant continu et en courant alternatif.

Disjoncteurs ultra-rapides.

Au moment d'un court-circuit, l'intensité croît dans les conducteurs avec une rapidité qui peut être excessivement considérable ; dans les installations à courant continu 3.000 volts, avec ligne aérienne du Chicago Milwaukee St-Paul, l'accélération est de l'ordre d'un million d'ampères par seconde (1). Si on ne

(1) Dans un circuit alternatif ordinaire, parcouru par un courant sinusoïdal d'intensité efficace I, l'accroissement $\frac{di}{dt}$ a comme valeur :

$$\frac{d}{dt}(I_{eff}\sqrt{2}\,\text{Sin}\;2\pi ft) = I_{eff}\sqrt{2}\times 2\pi f\,\text{Cos}\;2\pi ft = 9\,f\,I_{eff}\,\text{Cos}\;2\pi ft$$

il est maximum pour $t = 0$.

modifiait pas presque instantanément la situation, l'intensité pourrait atteindre en ligne des valeurs excessivement élevées, susceptibles de produire des inductions considérables. Mais comme on a pu réaliser des « disjoncteurs ultra-rapides » permettant d'introduire dans le circuit, dans un temps inférieur au centième de seconde, une résistance limitant le débit, celui-ci n'a pas le temps de prendre des valeurs excessives. L'examen des nombreux relevés oscillographiques de court-circuit qui ont été faits sur ligne de traction à courant continu haute tension, montre que l'action du disjoncteur ultra-rapide est très efficace. Dans un fil télégraphique, voisin de la ligne de traction où on a fait un court-circuit franc, on constate une première oscillation dans un sens correspondant à l'accroissement du courant dans la ligne d'énergie, puis une seconde, en sens inverse, correspondant à la décroissance de l'intensité dans le circuit de puissance. Enfin, au moment où le disjoncteur ordinaire saute et coupe le courant de traction, il y a encore une nouvelle oscillation d'amplitude réduite. Il résulte de là, que la force électro-motrice induite aura une durée d'oscillation complète de l'ordre de trois centièmes de seconde ; l'action balistique du courant produit sera pratiquement nulle pour peu que les pièces mécaniques à mouvoir aient une certaine inertie. Trois centièmes de seconde représentant d'ailleurs une durée analogue à celle nécessaire pour obtenir la succession d'une positive et d'une négative sur un quadruple Baudot, il semble qu'un court-circuit dans un réseau de traction à courant continu protégé par des disjoncteurs ultra-rapides, ne doit pas produire d'effet perturbateur dangereux, dans le fonctionnement des télégraphes ordinaires ou imprimeurs. Les expériences faites en 1919 par les représentants de l'Administration des Postes et Télégraphes, sur la ligne du

---

Le courant varie donc à chaque demi-période pour une intensité efficace de 10.000 ampères constatée dans certaines installations américaines au moment d'un court-circuit, à un taux égal à :

4.500.000	ampères par seconde pour la fréquence	50
2.250.000	—	25
1.550.000	—	15

6° *de bouchons* du genre de ceux étudiés par M. Latour et Bethenod ;

7° *d'écrans.*

Bien entendu, dans les lignes téléphoniques comme dans les lignes d'énergie, les transpositions doivent être employées en vue d'annuler la tension transversale induite.

Le sectionnement des lignes téléphoniques en plusieurs points peut également être avantageux dans certains cas de parallélisme.

Réduction des actions perturbatrices en régime troublé.

Nous avons vu qu'en régime constant, les circuits monophasés donnaient lieu à une perturbation permanente, tandis que les circuits polyphasés et continus ne causaient aucun trouble, les premiers, du fait de la compensation obtenue grâce à de simples transposition, les seconds, du fait de l'absence de pulsations de la tension ou du courant. Il y a donc, à ce point de vue, une différence essentielle entre ces divers modes de distribution. En régime troublé, ces distinctions disparaissent et il ne paraît pas qu'un mode d'alimentation ait alors une supériorité caractérisée sur les autres.

Il existe cependant, en pratique, des différences importantes entre les effets d'un court-circuit en courant continu et en courant alternatif.

Disjoncteurs ultra-rapides.

Au moment d'un court-circuit, l'intensité croît dans les conducteurs avec une rapidité qui peut être excessivement considérable ; dans les installations à courant continu 3.000 volts, avec ligne aérienne du Chicago Milwaukee S[t]-Paul, l'accélération est de l'ordre d'un million d'ampères par seconde (1). Si on ne

(1) Dans un circuit alternatif ordinaire, parcouru par un courant sinusoïdal d'intensité efficace I, l'accroissement $\frac{di}{dt}$ a comme valeur :

$$\frac{d}{dt}(I_{eff}\sqrt{2}\,\text{Sin}\,2\pi ft) = I_{eff}\sqrt{2}\times 2\pi f\,\text{Cos}\,2\pi ft = 9f\,I_{eff}\,\text{Cos}\,2\pi ft$$

il est maximum pour $t = 0$.

modifiait pas presque instantanément la situation, l'intensité pourrait atteindre en ligne des valeurs excessivement élevées, susceptibles de produire des inductions considérables. Mais comme on a pu réaliser des « disjoncteurs ultra-rapides » permettant d'introduire dans le circuit, dans un temps inférieur au centième de seconde, une résistance limitant le débit, celui-ci n'a pas le temps de prendre des valeurs excessives. L'examen des nombreux relevés oscillographiques de court-circuit qui ont été faits sur ligne de traction à courant continu haute tension, montre que l'action du disjoncteur ultra-rapide est très efficace. Dans un fil télégraphique, voisin de la ligne de traction où on a fait un court-circuit franc, on constate une première oscillation dans un sens correspondant à l'accroissement du courant dans la ligne d'énergie, puis une seconde, en sens inverse, correspondant à la décroissance de l'intensité dans le circuit de puissance. Enfin, au moment où le disjoncteur ordinaire saute et coupe le courant de traction, il y a encore une nouvelle oscillation d'amplitude réduite. Il résulte de là, que la force électro-motrice induite aura une durée d'oscillation complète de l'ordre de trois centièmes de seconde ; l'action balistique du courant produit sera pratiquement nulle pour peu que les pièces mécaniques à mouvoir aient une certaine inertie. Trois centièmes de seconde représentant d'ailleurs une durée analogue à celle nécessaire pour obtenir la succession d'une positive et d'une négative sur un quadruple Baudot, il semble qu'un court-circuit dans un réseau de traction à courant continu protégé par des disjoncteurs ultra-rapides, ne doit pas produire d'effet perturbateur dangereux, dans le fonctionnement des télégraphes ordinaires ou imprimeurs. Les expériences faites en 1919 par les représentants de l'Administration des Postes et Télégraphes, sur la ligne du

---

Le courant varie donc à chaque demi-période pour une intensité efficace de 10.000 ampères constatée dans certaines installations américaines au moment d'un court-circuit, à un taux égal à :

4.500.000	ampères par seconde pour la fréquence	50
2.250.000	—	25
1.550.000	—	15

Chicago Milwaukee St-Paul, sont particulièrement probantes à ce sujet.

Peut-on obtenir des résultats analogues avec le courant alternatif? Cela paraît douteux, les interrupteurs coupant seulement le circuit au bout d'une durée de l'ordre du 1/3 de seconde. Signalons avec M. Pomey que si les exploitants et les constructeurs américains présentent volontiers des relevés oscillographiques relatifs à des courts-circuits en courant continu, la Commission d'Électrification n'a pu en recueillir qu'un très petit nombre relatif à des courts-circuits en courant alternatif. Dans les oscillogrammes relevés par l'American Telegraph and Telephone C°, on n'observe aucune trace de rupture brusque et pour des lignes monophasées, comme celle de Philadelphie Paolie, on constate la production d'intensités de l'ordre de 15.000 ampères à 25 périodes par seconde, correspondant à un taux d'accroissement de courant, au moment où l'intensité passe par zéro, de l'ordre de 3 millions d'ampères par seconde.

Pour de pareilles intensités et de pareils taux d'accroissement, il est difficile d'éviter des perturbations; les transformateurs suceurs, installés dans le but d'éliminer les résiduels de courant, complètement saturés au moment d'un court-circuit, produisaient, du fait de la variation de perméabilité magnétique de leurs noyaux de fer, « l'exaspération » de l'harmonique 3 et des troubles graves étaient alors constatés dans le réseau téléphonique, bien que celui-ci fût entièrement souterrain.

A la suite de ces troubles accidentels, le Pennsylvania Rld a été amené à supprimer les transformateurs suceurs qui s'étaient révélés plus dangereux qu'utiles et les troubles correspondant au fonctionnement normal de la ligne de traction monophasée ont continué à se produire systématiquement. L'induction normale sur les circuits téléphoniques souterrains était, en 1919, de l'ordre de 100 volts.

Mise en court-circuit ultra-rapide des génératrices a courant continu fonctionnant comme alternateurs triphasés « Flash suppressor ».

Des résultats pratiquement aussi satisfaisants que ceux constatés avec les disjoncteurs ultra-rapides de la General Electric C° ont pu être obtenus par la Westinghouse Manufacturing C° avec le « flash suppressor ».

Sur les induits des génératrices à courant continu de traction sont montées, du côté opposé à celui où se trouve le collecteur, trois bagues collectrices qui permettraient d'utiliser la génératrice comme un alternateur triphasé. Au moment où il se produit un court-circuit sur le courant continu, le « flash suppressor », qui n'est qu'un interrupteur tripolaire ultra-rapide, met en court-circuit franc les trois bagues collectrices.

Du fait de cette mise en court-circuit franc de côté alternatif, le débit du côté continu de la génératrice est instantanément réduit et quand le disjoncteur ordinaire saute, il n'a à couper qu'une intensité relativement modérée.

Les relais commandant le « flash suppressor » sont branchés aux bornes d'une réactance assez importante dont l'action propre consiste à réduire un peu le taux d'accroissement du débit en ligne. Au moment d'un court-circuit, la tension aux bornes de cette réactance $\left(L \frac{di}{dt}\right)$ est de l'ordre d'une cinquantaine de volts.

Ce dispositif, qui est excellent dans le cas où le courant continu est produit par des groupes moteurs-générateurs, n'est pas applicable pratiquement au cas des commutatrices, la perturbation produite dans le réseau de transport de force alternatif étant alors trop considérable, si on ne veut pas consentir des chutes de tension importantes en marche normale.

Impédance additionnelle,

On peut, dans le cas du courant continu, intercaler dans le circuit de traction des réactances qui, en cas de court-circuit, réduiront le taux d'accroissement de l'intensité et faciliteront, dans une certaine mesure, le rôle des disjoncteurs ultra-rapides.

Dans le cas du courant alternatif, la présence des réactances serait très préjudiciable au rendement et à la régulation de la tension du réseau.

Réduction du champ inducteur.

Toujours dans le cas du courant continu, on peut, en combinant convenablement les circuits inducteurs des génératrices à haute tension et de leur excitatrice, réaliser une marche normale à tension pratiquement constante, tout en obtenant une chute de tension très rapide en cas de court-circuit.

Si les génératrices à courant continu étaient d'ailleurs connectées en shunt, leur tension s'annulerait automatiquement au moment d'un court-circuit.

CONCLUSION

Le système à courant continu 1.500-3.000 volts a été choisi comme système unifié de traction par un grand nombre de pays, par la France, l'Angleterre, le Japon, la Belgique, la Hollande, ainsi que par un certain nombre d'États de l'Afrique et de l'Amérique du Sud.

Restent seuls, partisans irréductibles du monophasé, la Suisse, la Suède, l'Allemagne ; en Italie, les partisans du courant triphasé perdent chaque jour du terrain et le Gouvernement italien envisage dès maintenant la construction d'une ligne d'essai à courant continu. Est-ce à dire que le système à courant continu est le seul système à appliquer? Certes non ; tout ce que nous pouvons dire, c'est que, pour des lignes de chemin de fer répon-

dant aux conditions d'exploitation française, je dirais presque, européennes, c'est le système qui a le plus de chance, à l'heure actuelle, de conduire les chemins de fer à un succès technique et financier.

C'est aussi le seul système de traction électrique avec lequel nous soyons à peu près certains de n'apporter qu'un trouble minime et acceptable au fonctionnement des lignes de télégraphe et de téléphone placées sur les mêmes plateformes que nos lignes électriques de contact.

L'expérience acquise depuis déjà sept ans au Butte Anaconda, au Chicago Milwaukee St-Paul, sans parler de celle encore plus ancienne de nos lignes françaises des Invalides à Versailles, de Paris à Juvisy, du Fayet à Chamonix, de Villefranche à Bourg-Madame, et de toutes nos lignes de tramways et de Métropolitain, ne peut laisser aucun doute à ce sujet.

Etant donné l'état d'avancement des travaux de la Cie des Chemins de fer du Midi, de l'Orléans et du P.-L.-M, il est probable que dans deux ou trois ans, nous posséderons des résultats pratiques suffisants pour achever la mise au point complète de toutes nos installations de lignes de transport de force et de traction électrique et présenter alors une œuvre qui, tant au point de vue de son envergure que de ses résultats économiques, n'aura pas encore son égale dans le monde.

Perturbations solaires et ondes électromagnétiques

Par M. Léon BOUTHILLON,

Ancien Ingénieur en Chef des Postes et Télégraphes.

Dans le numéro de juillet 1923 des *Annales des Postes et Télégraphes*, M. Charles Nordmann, sous une forme élégante et avec des arguments qui ne peuvent manquer d'entraîner la conviction, a démontré que les perturbations qui se produisent à la surface du soleil se transmettent au magnétisme terrestre, et il résulte de son exposé que la vitesse de propagation doit être celle de la lumière. De là à supposer que ces perturbations donnent naissance à des ondes électro-magnétiques qui se propagent dans l'éther jusqu'à la terre, et se traduisent par des anomalies dans les courbes du magnétisme relevées chaque jour par les différentes observations, il n'y a qu'un pas ; c'est l'explication donnée par M. Nordmann ; et cette explication est très vraisemblable. La théorie de Maxwell conduit en effet à cette conclusion que toute perturbation électro-magnétique brusque produite en un point de l'espace a pour conséquence la formation d'une onde qui se propage dans l'espace avec la vitesse de la lumière, et, si l'on fait le calcul en partant des valeurs des anomalies magnétiques observées à la surface de la terre, telles qu'elles résultent des courbes par M. Nordmann, on s'aperçoit que les chiffres trouvés pour la perturbation électro-magnétique cause de l'onde, à la surface du soleil, n'ont rien d'invraisemblable.

Ainsi, que toute perturbation solaire donne naissance à une onde électro-magnétique qui arrive jusqu'à la terre, que les perturbations puissent être assez importantes pour se traduire par des anomalies visibles sur les courbes à magnétisme relevées par les observatoires, c'est un fait que la théorie permettait de prévoir ; le patient travail de M. Nordmann montre que les

observations confirment la théorie et c'est, évidemment, très intéressant.

Ionisation atmosphérique et ondes électro-magnétiques.

Dans quelle mesure ces observations peuvent-elles rendre compte de l'ionisation de l'atmosphère ?

La première remarque à faire me paraît être que, pour expliquer le magnétisme terrestre, aussi bien d'ailleurs que la propagation des ondes en télégraphie sans fil, il est nécessaire que les couches supérieures soient ionisées d'une façon permanente, même pendant la nuit.

Peut-être, s'il s'agissait d'expliquer l'ionisation de la haute atmosphère pendant le jour, l'hypothèse d'ondes électro-magnétiques émises par le soleil serait-elle suffisante. Elle a d'ailleurs été envisagée ; certains auteurs admettent que la lumière ultra-violette venant du soleil, que l'expérience montre ne pouvoir arriver jusqu'à la surface de la terre, est absorbée par l'atmosphère supérieure qu'elle ionise d'autant plus qu'on s'élève dans l'atmosphère. C'est sur cette hypothèse qu'est, en particulier, basée la théorie d'Eccles. Mais cette ionisation doit disparaître avec la cause qui lui a donné naissance. Quand, la nuit, les rayons ultra-violets n'arrivent plus dans l'atmosphère, les ions qui avaient été séparés se recombinent. C'est ainsi qu'on explique, le plus souvent, les différences constatées dans la propagation des ondes de télégraphie sans fil entre le jour et la nuit, et les perturbations remarquées dans l'intensité des signaux au lever et au coucher du soleil.

D'autres ondes électro-magnétiques que les rayons ultra-violets peuvent-elles être envisagées ? Il faudrait de toute nécessité, puisque l'ionisation est permanente, qu'elles ne soient pas simplement causées par des perburbations solaires, mais qu'elles soient émises régulièrement par la surface du soleil, autrement dit qu'il s'agisse de véritables ondes émises par un procédé encore inconnu. La température du soleil, telle qu'on la connaît, permet d'expliquer, en même temps que l'émission de la lumière

ordinaire, celle de la lumière ultra-violette. Expliquerait-elle l'émission d'ondes beaucoup plus courtes, du genre des rayons X, les seules qu'on puisse envisager, puisque les ondes plus longues, en particulier les ondes hertziennes et celles de la télégraphie sans fil, n'ionisent pas les gaz qu'elles traversent ?

Mais il ne s'agit pas d'expliquer seulement l'existence d'une ionisation de jour ; il faut rendre compte du fait que les couches supérieures de l'atmosphère sont ionisées même la nuit. Ici, les ondes électro-magnétiques ne paraissent plus pouvoir être envisagées. Les parties de la surface de la terre qui ne sont pas tournées vers le soleil ne reçoivent ni rayonnement lumineux, ni rayons ultra-violets, ni *a fortiori* de rayons de fréquence plus grande. Et nous venons de voir que les rayons de fréquence plus petite ne possèdent pas de pouvoir ionisant.

Corpuscules émis par le soleil et ionisation atmosphérique.

Il faut donc chercher autre chose, et ce quelque chose doit être des ions émis par le soleil, ions dont la grosseur et la vitesse peuvent d'ailleurs être très variables entre les électrons considérés par Birkeland, et les ions de grosseur moléculaire envisagés par Fleming, après Arrhenius. Un fait important en faveur de cette théorie (1) me paraît être que, d'après les calculs du savant suédois Carl Störmer, leurs trajectoires s'incurvent en arrivant dans le champ magnétique terrestre, comme celles des rayons cathodiques sous l'effet d'un aimant, et de telle façon qu'elles peuvent pénétrer même dans les régions terrestres qui ne sont pas tournées vers le soleil. On s'explique ainsi que les couches supérieures de l'atmosphère puissent être ionisées, même pendant la nuit. Quant à la grosseur et à la vitesse des ions qui peuvent être ainsi émis par le soleil, quant au mécanisme de leur émission, les phénomènes observés dans les radio-communications ne permettent pas de décider. Mais on trouve, dans le livre d'Arrhenius *Words in the Making*, un certain nombre d'expériences d'où il résulterait qu'il s'écoule

(1) Voir Léon Bouthillon, *La propagation des ondes électro-magnétiques à la surface de la terre.*



environ 45 heures, en moyenne, entre le passage d'une tache solaire par un méridien solaire central et l'apparition d'un orage magnétique terrestre. Cet intervalle serait du même ordre que celui du passage du soleil à la terre, par le mécanisme indiqué par Fleming, d'un ion ayant un diamètre à peu près égal à la longueur d'onde de la lumière jaune.

Conclusion.

La conclusion de cette discussion me paraît être que, loin de s'exclure l'une l'autre, la théorie de M. Fleming (ou celle de Birkeland) d'une part, et celle de M. Nordmann se complètent l'une l'autre. Le soleil doit émettre d'une façon continue des ions ou des électrons qui, arrivant dans l'atmosphère même pendant la nuit par suite de l'incurvation des rayons sous l'influence du champ électro-magnétique terrestre, ionisent les couches supérieures de l'atmosphère. Il émet, en outre, d'une façon permanente, des ondes électro-magnétiques calorifiques et lumineuses ainsi que de la lumière ultra-violette et peut-être des ondes de fréquences supérieures. Celles-ci produisent pendant le jour une ionisation supplémentaire qui explique les différences de propagation entre le jour et la nuit ainsi que les particularités observées entre le lever et le coucher du soleil. Quant aux perturbations solaires, elles doivent avoir deux effets : d'abord l'émission, suivant les idées de M. Nordmann, d'ondes électriques transitoires, durant autant que les perturbations, d'autant plus intenses qu'elles sont plus rapides, qui se propagent avec la vitesse de la lumière, et viennent atteindre la terre en produisant des anomalies dans les courbes du magnétisme terrestre relevées dans les observatoires en même temps que des parasites dans les stations de télégraphie sans fil ; ensuite des variations dans la quantité et les caractéristiques des particules électrisées émises par le soleil, variations qui se traduisent, plusieurs heures après la perturbation solaire, par des orages magnétiques à la surface de la terre.

Tel paraît être, jusqu'à plus ample informé, l'état actuel de la discussion.

Les organisations téléphoniques agricoles
AUX ÉTATS-UNIS (1).

Depuis 1878, époque où furent fondées les premières compagnies téléphoniques commerciales, jusqu'au moment où les premiers brevets téléphoniques tombèrent dans le domaine public, l'installation de lignes téléphoniques fut principalement limitée aux grandes villes. C'était tout ce que la nouvelle industrie pouvait faire en raison des exigences toujours croissantes des centres commerciaux. C'est seulement vers la fin du siècle dernier qu'elle parvint à réaliser quelque progrès dans l'extension du téléphone aux petites villes et aux campagnes.

Par le fait que les grandes villes se trouvaient déjà plus ou moins servies, les nouvelles compagnies se virent dans l'obligation d'étendre l'industrie du téléphone aux territoires où celle-ci n'avait pas encore pénétré, c'est-à-dire aux petites villes et aux districts ruraux.

Stimulées par la concurrence des nouvelles compagnies, qui surgissaient partout, les compagnies urbaines entreprirent, elles aussi, de répandre leur exploitation dans les campagnes. Mais, en dépit de tous ces efforts, un grand nombre de contrées demeuraient encore négligées. Le seul moyen pour elles de se procurer un service téléphonique fut de fonder des coopératives téléphoniques qui construisirent et exploitèrent elles-mêmes des réseaux locaux.

De 1896 à 1906 se produisit une grande crise résultant de l'existence simultanée, un peu partout, de deux ou plusieurs

(1) Extrait du *Bulletin des Cultivateurs du Ministère de l'Agriculture des Etats-Unis*, traduit par la Société d'Etudes pour le développement du téléphone en France.

compagnies sur des territoires qui ne pouvaient en faire vivre en réalité qu'une seule. Ces juxtapositions, qui avaient souvent pour cause les tarifs exorbitants institués par la compagnie la première en date, eurent pour effet de limiter d'une façon très malheureuse les relations téléphoniques de chaque abonné, à moins qu'il ne se résignât à posséder un appareil de chaque compagnie. Cet état de choses fâcheux et fort gênant fut l'une des raisons principales qui amenèrent à placer les compagnies téléphoniques sous le contrôle de Commissions d'État et sous celui de l'Interstate Commerce Commission.

A l'heure actuelle, dans tous les Etats, sauf le Delaware, l'Iowa et le Texas, les compagnies téléphoniques sont soumises au contrôle d'une Commission pour ce qui a trait aux tarifs, à l'exécution du service et parfois à d'autres objets. Dans l'Iowa, bien qu'il n'y ait pas de Commission de contrôle pour le téléphone, la Commission de contrôle des Chemins de fer (Stade Railroad Commission) a fixé des règles que doivent observer les compagnies téléphoniques pour la traversée des voies ferrées par leurs lignes. Dans le Delaware et le Texas, où il n'existe pas non plus de Commission de contrôle téléphonique, la loi impose certaines conditions pour la construction et même l'exploitation des lignes téléphoniques. Parmi les profits que le public a retiré du contrôle des compagnies téléphoniques,. il faut mentionner des tarifs raisonnables et une tendance à faire disparaître les concurrences locales inutiles.

Depuis 1902, un recensement spécial de l'industrie téléphonique est opéré tous les cinq ans.

En 1880, il existait 148 organisations téléphoniques qui desservaient 437 réseaux comptant chacun, en moyenne, 124 postes téléphoniques. En 1890, le nombre des organisations était de 53, desservant 1.241 réseaux de 188 postes téléphoniques chacun, en moyenne. S'il y avait moins d'organisations en 1890 qu'en 1880 on comptait donc, par contre, des réseaux en service plus nombreux et plus importants.

Les recensements de 1902 et de 1907 avaient réparti les compagnies téléphoniques en « commerciales », « mutuelles » et

Les organisations téléphoniques agricoles
AUX ÉTATS-UNIS (1).

Depuis 1878, époque où furent fondées les premières compagnies téléphoniques commerciales, jusqu'au moment où les premiers brevets téléphoniques tombèrent dans le domaine public, l'installation de lignes téléphoniques fut principalement limitée aux grandes villes. C'était tout ce que la nouvelle industrie pouvait faire en raison des exigences toujours croissantes des centres commerciaux. C'est seulement vers la fin du siècle dernier qu'elle parvint à réaliser quelque progrès dans l'extension du téléphone aux petites villes et aux campagnes.

Par le fait que les grandes villes se trouvaient déjà plus ou moins servies, les nouvelles compagnies se virent dans l'obligation d'étendre l'industrie du téléphone aux territoires où celle-ci n'avait pas encore pénétré, c'est-à-dire aux petites villes et aux districts ruraux.

Stimulées par la concurrence des nouvelles compagnies, qui surgissaient partout, les compagnies urbaines entreprirent, elles aussi, de répandre leur exploitation dans les campagnes. Mais, en dépit de tous ces efforts, un grand nombre de contrées demeuraient encore négligées. Le seul moyen pour elles de se procurer un service téléphonique fut de fonder des coopératives téléphoniques qui construisirent et exploitèrent elles-mêmes des réseaux locaux.

De 1896 à 1906 se produisit une grande crise résultant de l'existence simultanée, un peu partout, de deux ou plusieurs

(1) Extrait du *Bulletin des Cultivateurs du Ministère de l'Agriculture des États-Unis*, traduit par la Société d'Études pour le développement du téléphone en France.

compagnies sur des territoires qui ne pouvaient en faire vivre en réalité qu'une seule. Ces juxtapositions, qui avaient souvent pour cause les tarifs exorbitants institués par la compagnie la première en date, eurent pour effet de limiter d'une façon très malheureuse les relations téléphoniques de chaque abonné, à moins qu'il ne se résignât à posséder un appareil de chaque compagnie. Cet état de choses fâcheux et fort gênant fut l'une des raisons principales qui amenèrent à placer les compagnies téléphoniques sous le contrôle de Commissions d'État et sous celui de l'Interstate Commerce Commission.

A l'heure actuelle, dans tous les Etats, sauf le Delaware, l'Iowa et le Texas, les compagnies téléphoniques sont soumises au contrôle d'une Commission pour ce qui a trait aux tarifs, à l'exécution du service et parfois à d'autres objets. Dans l'Iowa, bien qu'il n'y ait pas de Commission de contrôle pour le téléphone, la Commission de contrôle des Chemins de fer (Stade Railroad Commission) a fixé des règles que doivent observer les compagnies téléphoniques pour la traversée des voies ferrées par leurs lignes. Dans le Delaware et le Texas, où il n'existe pas non plus de Commission de contrôlé téléphonique, la loi impose certaines conditions pour la construction et même l'exploitation des lignes téléphoniques. Parmi les profits que le public a retiré du contrôle des compagnies téléphoniques,. il faut mentionner des tarifs raisonnables et une tendance à faire disparaître les concurrences locales inutiles.

Depuis 1902, un recensement spécial de l'industrie téléphonique est opéré tous les cinq ans.

En 1880, il existait 148 organisations téléphoniques qui desservaient 437 réseaux comptant chacun, en moyenne, 124 postes téléphoniques. En 1890, le nombre des organisations était de 53, desservant 1.241 réseaux de 188 postes téléphoniques chacun, en moyenne. S'il y avait moins d'organisations en 1890 qu'en 1880 on comptait donc, par contre, des réseaux en service plus nombreux et plus importants.

Les recensements de 1902 et de 1907 avaient réparti les compagnies téléphoniques en « commerciales », « mutuelles » et

« fermières indépendantes » ou « lignes rurales » ; mais lors du recensement de 1912 cette classification fut remplacée par une autre ayant pour base le revenu annuel. Les compagnies ayant un revenu annuel inférieur à 5.000 dollars en 1912 et en 1917 n'étaient pas toutes, assurément, des compagnies de lignes rurales ; mais, par comparaison avec les chiffres des deux périodes précédentes, il semble bien qu'une grande proportion de ces petites compagnies appartenaient à cette catégorie. En raison du fait qu'un grand nombre de postes téléphoniques ruraux sont desservis par les lignes de compagnies exploitant les réseaux de grandes villes, lignes au sujet desquelles le recensement ne contenait aucun renseignement, on peut admettre, comme probable, qu'en 1917 le nombre des postes téléphoniques situés dans des districts ruraux atteignait en moins 2.000.000.

COMITÉ TECHNIQUE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES

Unification des tensions pour l'appareil Baudot.

L'appareil Baudot actuel utilise des voltages différents pour la production des signaux et pour les fonctions accessoires. Cette particularité est une conséquence du bobinage des divers électros et n'est nullement une nécessité fonctionnelle ; il y aurait au contraire une simplification évidente, pour la constitution des batteries universelles et pour leur raccordement, à utiliser un voltage unique dans l'appareil Baudot. Le Comité technique a émis l'avis que les bobinages des électros qui servent aux fonctions accessoires soient tous modifiés de façon à pouvoir monter l'appareil Baudot sur un voltage unique. La transformation serait faite progressivement par bureaux.

Appel à la concurrence pour fourniture de piles à dépolarisation par l'air.

L'emploi des piles à dépolarisation par l'air pour constituer les batteries des petits bureaux télégraphiques ayant donné d'excellents résultats, l'Administration s'est préoccupée d'acheter désormais ces piles par voie de concours technique entre tous les industriels qualifiés pour ce genre de fourniture. Le Comité technique des Postes et Télégraphes a été consulté pour fixer les conditions techniques à imposer aux concurrents.

Les piles à mettre au concours sont contenues dans des vases en verre d'environ $13^{cm} \times 8^{cm}, 5 \times 8^{cm}5$, (vase n° 295-11 de la nomenclature). Ce sont donc des piles de très petites dimensions et susceptibles seulement d'être soumises à des régimes de débit intermittent de quelques dizaines de milliampères. Leur force électromotrice à circuit ouvert et avant tout débit ne dépasse guère $1^{V}, 25$.

On a proposé de faire les essais de réception en mettant les éléments prélevés pour essais en débit ininterrompu sur une résistance de 75 ohms. La courbe de décharge, obtenue en portant le temps en abscisses et la valeur de la différence de potentiel aux bornes en ordonnées, marque généralement, pour les piles à dépolarisation par l'air, une chute très brusque dans les premières heures ; puis, à partir de ces cinq premières heures (cinq ou six au plus), une chute très lente et même presque un palier horizontal jusqu'à l'usure complète de l'élément. Le fait de l'existence d'un tel palier horizontal est extrêmement favorable pour les applications télégraphiques.

Dans les anciens cahiers des charges pour la fourniture des piles au manganèse, on se préoccupait seulement d'extraire de la pile le plus grand nombre d'ampère-heures en débit continu sur une résistance extérieure donnée avant que la différence du potentiel soit tombée au-dessous d'une valeur donnée. Cette façon de faire était acceptable parce que la pile au manganèse était loin de fournir ses ampère-heures utiles sous une tension que l'on puisse considérer comme constante et que de plus, tous les constructeurs de piles au manganèse présentaient des éléments dont les courbes de débit étaient très comparables entre elles.

L'existence d'un palier beaucoup plus horizontal dans les courbes de débit des piles à dépolarisation par l'air et également le fait que le niveau de ce palier est assez sensiblement différent dans les types de piles à dépolarisation par l'air qui ont été présentés par les différents constructeurs, légitiment l'imposition de conditions de recette tout à fait différentes.

D'autre part, la pile à dépolarisation par l'air a soulevé la question de la réutilisation du positif après l'épuisement d'un premier zinc et même celui des zincs suivants. Ceci est important pour réaliser des économies de matériel et doit entrer en ligne de compte dans le choix d'un type.

Il est donc possible qu'un élément donnant moins d'ampère-heures qu'un autre soit jugé préférable parce qu'il donne ces ampère-heures sous une force électromotrice plus constante.

Il est également possible qu'un élément fournissant l'ampère-heure à un prix plus élevé qu'un autre soit jugé préférable parce que son positif serait réutilisable tandis que celui de l'autre devrait être mis au rebut.

* * *

Les clauses techniques suivantes ont été approuvées par le Comité technique :

1° Les piles seront mises en débit continu sur 75 ohms, au nombre d'une dizaine par constructeur et par type présenté pour pouvoir fixer les résultats du concours.

2° Le constructeur indiquera quelle est la valeur moyenne de la différence de potentiel aux bornes sur laquelle on peut compter après huit heures de débit, ainsi que les écarts extrêmes qu'il peut garantir autour de cette moyenne.

3° Le constructeur indiquera à partir de ce moment quelle est la chute moyenne de la différence de potentiel aux bornes sur laquelle on peut compter après 10 jours, etc... jusqu'à la limite qu'il croira utile. Il indiquera aussi les écarts extrêmes qu'il peut garantir autour de cette moyenne.

4° Le constructeur indiquera dans quelles conditions d'emploi les positifs de ses piles seraient susceptibles de subir une nouvelle décharge après épuisement du premier élément.

Ces clauses sont suffisantes pour permettre à l'Administration de fixer son choix ; par exemple pour calculer les ampère-heures utiles avant que la différence de potentiel ne soit tombée au-dessous de la valeur minimum admissible pour l'élément considéré (valeur qui n'est certainement pas la même pour les différents types d'éléments), pour évaluer les prix de revient de ces ampère-heures dans la première décharge en tablant soit sur le prix global de l'élément, soit sur son prix réduit aux éléments consommables, pour évaluer le prix de revient des ampère-heures dans les batteries à refaire, etc...

Les constructeurs devront ensuite s'engager, au cas où leurs

types seraient choisis, à fournir des piles équivalentes à celles qui auront fait l'objet des essais du concours. Le Service de la Vérification du matériel sera chargé, comme d'habitude, de la réception des éléments commandés après le concours et de la vérification de l'équivalence avec les types déposés au concours.

Stations de mesures électriques sur les lignes du réseau de l'Administration.

Les stations de mesures électriques sur les lignes du réseau de l'Administration sont au nombre de plusieurs centaines et leur outillage permet de procéder à des essais ou mesures électriques selon deux méthodes principales :

a) *La méthode du voltmètre* (1) pour l'évaluation sommaire des résistances ou des isolements.

b) *La méthode du pont de Wheatstone* pour la mesure plus précise des résistances et notamment des boucles des fils.

Le matériel destiné à l'application de ces méthodes est d'un modèle assez imparfait et il aurait besoin d'être amélioré notamment sur les points suivants :

1° Dans les installations actuelles la ligne à essayer est amenée sur une fiche et l'appareil d'essai est muni de plusieurs jacks où l'on peut enfoncer cette fiche selon l'essai que l'on veut effectuer. L'expérience a montré que ces manœuvres sont incommodes lorsque l'on a une série d'essais à effectuer sur la même ligne et qu'il vaut mieux que la ligne à essayer soit amenée sur un jack, prise dans ce jack par une fiche faisant partie de l'appareil d'essais et que ce dernier soit muni d'une série de clés pour effectuer les combinaisons de montage qui peuvent être nécessaires (variation de sensibilité du voltmètre, inversion des fils en essai, inversion de pile, etc...).

---

(1) Dans la méthode du voltmètre, on boucle la résistance à évaluer sur une pile à travers un voltmètre dont la déviation donne par un calcul facile la grandeur *approximative* de cette résistance.

2° Dans les installations actuelles, le pont de Wheatstone est muni de bras variables par des manœuvres de bouchons. La totalisation des chiffres de résistances débouchées prête souvent à des erreurs. De plus, le modèle des bouchons choisis est d'un maniement incommode et n'assure pas toujours des contacts suffisants. Pour l'emploi du pont de Wheatstone par le nombreux personnel de l'Administration, il vaut mieux choisir un type « à macarons » où les totalisations sont faciles et dont la manœuvre est rapide. La rapidité des manœuvres est souvent rendue très désirable sur les lignes sujettes à des dérangements instables.

3° Enfin, toute une série de détails de construction peut être envisagée pour perfectionner encore le matériel d'essais ou de mesures. Par exemple :

Adjonction de bornes intérieures d'accès facile et bien repérées pour pouvoir prendre sur ces bornes des connexions directes en cas de mauvais état des clés de la table ou bien en cas de montages spéciaux.

Choix d'un appareil de zéro très sensible, ayant le zéro au milieu de la graduation et pouvant servir indifféremment d'appareil de zéro et de voltmètre.

Adjonction d'un vibrateur pour pouvoir apprécier l'existence de mélanges de conversations.

*
* *

L'Administration a soumis à l'examen du Comité technique les nouveaux types de stations de mesures électriques qu'elle a fait construire pour les bureaux d'Auxerre et de Saint-Dié. Ces nouvelles stations sont, dans leurs grandes lignes, conformes aux principes généraux qui ont été exposés ci-dessus et le Comité a émis l'avis que le modèle devait en être adopté comme type unique des stations de mesures à construire à l'avenir ou à rééquiper.

Leur adoption par l'Administration comme type serait subordonnée, comme d'habitude, à l'abandon du modèle par le constructeur moyennant une première commande.

REVUE DES PÉRIODIQUES

PÉRIODIQUES EN LANGUES ÉTRANGÈRES

Remplacement par des câbles, de la liaison radiotéléphonique Californie-Ile Catalina (*Telephony* : 11 août 1923). — La liaison commerciale radiotéléphonique en service depuis trois ans entre la côte californienne et l'île Catalina a été récemment remplacée par des câbles sous-marins. L'autorisation d'exploiter la communication sans fil expirait le 1er août 1923 ; le gouvernement des Etats-Unis ne l'a pas renouvelée et a décidé que les longueurs d'onde seraient désormais utilisées pour des émissions radiophoniques.

On considère comme un bien pour le service le remplacement des installations de téléphonie sans fil par un câble *plus pratique* et *plus économique*. Les travaux de pose ont commencé le 17 mai ; le 15 juin les câbles étaient mis en service ; ils sont sensiblement parallèles entre eux et posés à 3 kilomètres l'un de l'autre en moyenne ; leur longueur est d'environ 24 milles marins. Ils n'ont pas les mêmes dimensions que les câbles Key West-La Havane, mais comme ceux-ci, ils comportent autour de l'âme, une enveloppe constituée par des rubans de cuivre et utilisée comme conducteur de retour. L'équivalent de transmission des câbles est de l'ordre de 10 miles de câble standard. Du côté américain, on a installé un relais amplificateur sur chaque câble ; on n'a pas eu besoin d'en installer sur l'île Catalina.

Les câbles sont formés de sections de quatre calibres différents choisis d'après la profondeur de la mer ; cette différence porte seulement sur l'armature, les revêtements en jute et autres enveloppes protectrices ; le diamètre de l'âme est le même pour toutes les sections. Les extrémités d'atterrissage ont été armées de façon

spéciale pour assurer une protection suffisante dans les eaux peu profondes.

Aux points de raccordement, les fils d'armature d'une section chevauchent sur la section voisine sur une longueur d'un mètre trente centimètres environ ; les soudures ont été faites à l'arc électrique ; autour des fils de l'armature, on a posé une couche supplémentaire de jute.

Chacun des câbles constitue un circuit téléphonique complet ; on dispose ainsi de deux liaisons téléphoniques au lieu d'une seule comme autrefois ; en outre, les circuits téléphoniques sont appropriés à la télégraphie, ce qui procure deux lignes télégraphiques duplex. Les câbles ont été mis en service avant qu'on ait mesuré exactement leurs constantes électriques ; il sera procédé à ces mesures dès que les circonstances le permettront.

Les réceptions radiotéléphoniques sans réaction, par P. G. A. H. Voigt, membre de l'Association radiotélégraphique (*The Wireless World and Radio Review* : avril 1923). — Il est reconnu qu'un circuit amplificateur sans réaction ne peut procurer une amplification égale à celle d'un dispositif employant la réaction. Toutefois, les circuits qui vont être décrits seront trouvés bien supérieurs aux dispositifs habituels employés jusqu'ici ; ils ne comprennent qu'une seule lampe détectrice sans réaction.

La lampe détectrice sans réaction est, à peu de chose près, équivalente au détecteur à cristal, sauf dans un petit nombre de cas. Si l'on désire obtenir les meilleurs résultats, sans faire usage de la réaction, avec une seule lampe, il est évident que l'on doit employer la lampe pour amplifier et le cristal pour détecter.

Les amateurs, qui ont déjà fait usage du détecteur à cristal, connaissent les qualités et les défauts de ce dernier, mais les résultats vraiment merveilleux obtenus par les lampes à trois électrodes ont fait oublier les avantages du détecteur à cristal et surtout sa grande simplicité. Ils peuvent être assurés qu'en utilisant deux détecteurs à cristal connectés à un commutateur, afin de pouvoir se servir de l'un ou de l'autre des détecteurs, ils reprendront confiance. La rai-

son en est très simple : lorsqu'un cristal est d'une sensibilité douteuse, il est comparé à l'autre et neuf fois sur dix, il sera trouvé parfaitement sensible. De plus, l'amateur reprendra confiance lorsqu'il utilisera un détecteur stable, c'est-à-dire ayant sa partie mobile très légère et rigide. Un tel détecteur gardera son point sensible des jours entiers même sur une installation portative transportée de place en place.

Lorsqu'une lampe est utilisée comme amplificatrice en liaison avec un détecteur à cristal, la question usuelle est la suivante : « Dois-je utiliser la lampe comme amplificateur H. F. ou B. F. ? » La réponse est : « Utilisez la lampe pour les deux effets, c'est-à-dire comme un amplificateur double ».

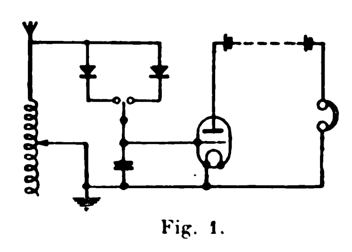


Fig. 1.

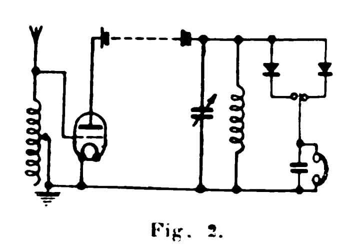


Fig. 2.

La figure 1 représente un circuit très simple dans lequel la lampe est utilisée comme amplificatrice. La valeur du condensateur, disposé dans le circuit de grille, n'est pas rigoureuse et peut varier de 1/10.000 à 5/1.000 de mfd.

Dans la figure 2, la lampe agit comme amplificateur H. F. Ce circuit n'aura pas tendance à osciller au-dessous de 500 m. lorsqu'on utilisera la longueur d'onde propre de l'antenne, c'est-à-dire sans emploi du condensateur d'antenne habituel, qui, répétons-le, ne sert qu'à accorder l'antenne sur des longueurs d'onde plus petites que sa longueur d'onde propre.

La figure 3 représente les figures 1 et 2 combinées : la lampe agissant à la fois en amplificatrice H. F. et la seconde en amplificatrice B. F. On peut montrer maintenant comment une lampe peut à la fois réaliser les deux amplifications :

1° Si le haut parleur, monté aux bornes d'une capacité de 2/1.000 mfd environ, est intercalé entre le pôle négatif de la batte-

rie H. T. et la plaque du circuit accordé, l'effet H. F. ne sera pas altéré ;

2° Si la connexion entre le pôle négatif du filament et la terre est rompue en X et que l'on réalise la connexion figurée en traits ponctués, entre la terre et la grille de la seconde lampe, l'efficacité ne sera pas altérée à condition toutefois qu'il n'y ait pas de courant de grille.

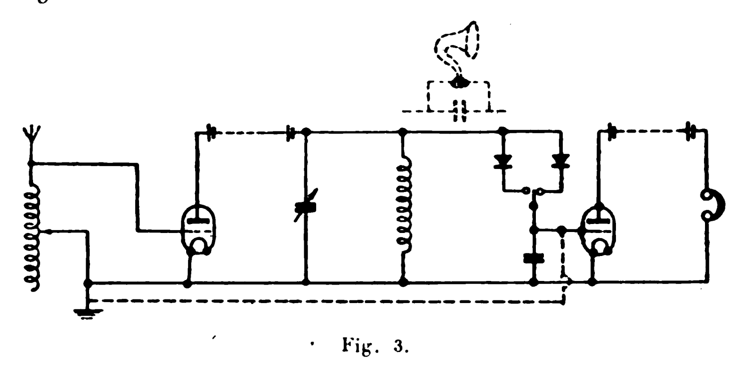


Fig. 3.

Si nous examinons maintenant le circuit représenté par la figure 4 nous voyons que le voltage B. F. existant entre la grille et le filament est appliqué à la grille de la première lampe à travers l'inductance d'antenne. La variation B. F. des courants plaques des deux lampes est par suite la même ; par conséquent, la troisième lampe qui est représentée en pointillé sur la figure 4, peut être supprimée.

Ce circuit est un des plus simples qu'il soit possible de réaliser pour obtenir une double amplification. Mais comme la plupart des circuits simples, il a plusieurs inconvénients :

1° Le haut parleur est soumis aux différences de potentiel élevées du circuit accordé de la plaque, aussi il ne peut pas être remplacé par des casques téléphoniques ordinaires. Pour supprimer cet inconvénient, le haut parleur ou les téléphones peuvent être placés entre le circuit accordé et la terre. Mais pour permettre au courant téléphonique de passer par le cristal afin d'alimenter la grille, il est nécessaire de séparer le cristal du circuit plaque. A cet effet, le mieux est d'utiliser un transformateur à B. F.

De plusieurs manières, le cristal peut être séparé du circuit :

1° *Un enroulement secondaire*, connecté au cristal et au pôle négatif de la batterie de chauffage, doit être enroulé sur la bobine d'accord. L'enroulement secondaire peut avoir seulement la moitié ou même les deux tiers du nombre de tours du primaire, le cristal ayant une impédance plus faible qu'une lampe, les meilleurs résultats sont obtenus par tâtonnements.

2° *Emploi d'un transformateur apériodique.* — Un transformateur, qui rend bien depuis 300 jusqu'à 500 m., peut être construit de la façon suivante : Trois bobines (fond de panier), divisées en sept secteurs de diamètre intérieur de 3 cm., reçoivent un enroulement de 150 tours en fil de cuivre de 4/10. Les bobines sont placées côte à côte, les enroulements étant de même sens. La bobine intérieure joue le rôle de secondaire ; elle est reliée, d'une part, au

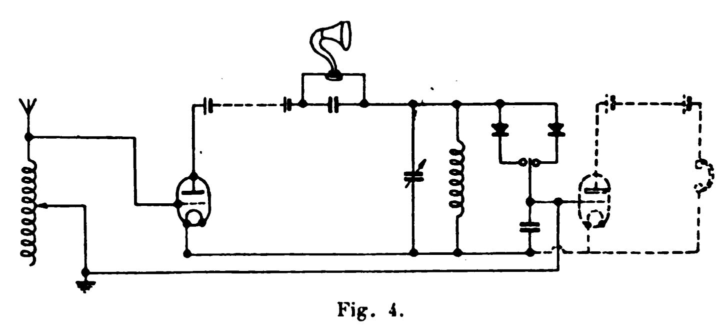


Fig. 4.

cristal, et d'autre part, au pôle négatif du filament. Les deux bobines extérieures constituent le primaire mis en série dans le circuit de plaque ; l'intérieur de l'une des deux bobines est reliée à la sortie de l'autre. La source haute tension doit être placée du côté *terre* du couplage : ce circuit est représenté par la figure 5.

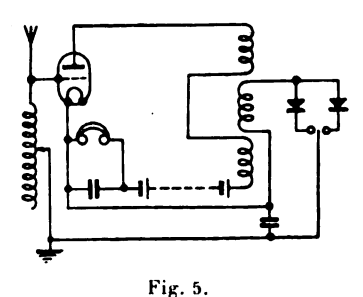


Fig. 5.

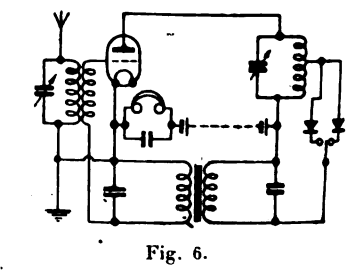


Fig. 6.

3° *Emploi d'une bobine de choc*, c'est-à-dire d'une bobine ayant une impédance plus grande que la bobine d'accord ; par exemple, une bobine de 8 cm. de diamètre sur laquelle sont enroulés 200 tours de fil de 2/10 convient pour les ondes au-dessous de 600 m. Une telle bobine peut être connectée à la place du secondaire ; un condensateur de 2/1.000 mfd branché entre le cristal et le sommet du circuit accordé, empêche la haute tension de passer à travers le cristal.

Une légère amélioration peut être facilement réalisée : il suffit de brancher un condensateur de couplage à la moitié ou aux 2/3 de la bobine d'accord, au lieu de le réunir à son extrémité.

4° *Les circuits de choc et d'accord sont changés*, le voltage nécessaire au fonctionnement du détecteur est obtenu par tâtonnement en connectant le cristal au milieu du circuit accordé, ainsi que le montre la figure 6.

Il est à remarquer, dans ces divers circuits, que les batteries de chauffage ne sont pas reliées à la terre. Cette pratique est parfois la cause de troubles et tend principalement à faire siffler l'appareil lorsque des haut-parleurs sont employés. Les batteries peuvent être reliées à la terre de plusieurs manières :

a) *Emploi d'un transformateur à couplage serré.* — Au lieu de connecter la grille à l'antenne et le cristal à la terre, ils peuvent être réunis à une bobine couplée d'une façon serrée à l'antenne (figure 7).

Avec des bobines plates (type galette), la bobine secondaire peut être attachée à la première. Avec des bobines cylindriques, un enroulement peut être enroulé sur l'autre, une couche de papier paraffiné étant interposée entre les deux bobinages.

Une amplification supplémentaire peut être obtenue en enroulant une fois et demie à deux fois plus de tours sur le secondaire que sur le primaire. De cette façon, le rapport de transformation peut varier de 1,5 à 2, mais il faut bien se garder de réaliser une trop grande amplification qui est souvent la source d'oscillations parasites. Le secondaire étant étroitement couplé au primaire ne demande pas de réglage.

b) *Emploi d'un transformateur couplé d'une façon lâche.* — Dans

ce cas, l'entretien des oscillations est facilement obtenu ; ce dernier procédé ne doit pas être utilisé, car la parole se trouve déformée.

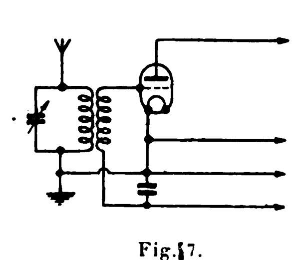


Fig. 7.

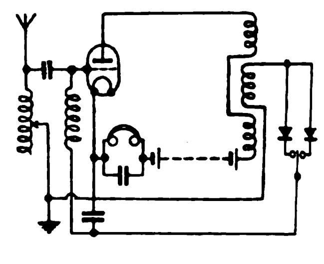


Fig. 8.

c) *Emploi d'une bobine de choc.* — Avec des accords par bobines glissantes ou variomètres, il n'est pas possible d'enrouler le secondaire sur le primaire, aussi il est avantageux d'employer une bobine de choc à la place du secondaire. Pour permettre aux courants de H. F. d'atteindre la grille sans difficultés, un condensateur de 1/1000 mfd est connecté à la grille (figure 8).

L'on voit que l'amplification supplémentaire obtenue dans les autres montages ne peut ici être obtenue. Le transformateur à couplage serré est alors approprié entre l'antenne et la première grille, tandis que le transformateur apériodique convient mieux dans le circuit de plaque. Nous arrivons maintenant aux circuits dans lesquels un transformateur BF est utilisé entre le cristal et la grille. Il y a, dans ce cas, des variations considérables de voltage sur le condensateur de blocage lorsqu'une self, telle que celle du primaire du transformateur, lui est reliée. Mais ces variations sont plutôt plus fortes que celles qui se produisent par l'amplification supplémentaire dont il a été parlé plus haut.

La question est de savoir si les frais supplémentaires entraînés par l'achat d'un transformateur sont justifiés.

L'usage d'un transformateur BF cependant a cet avantage que le cristal n'a pas besoin d'être séparé du circuit plaque, mais peut être relié directement au circuit d'accord ; ainsi le circuit peut être utilisé comme l'indique la figure 9.

Le condensateur C_1, ajouté sur le transformateur secondaire, doit

être très petit, d'environ 3/10.000 mfd ou même moins. Quand une bobine de choc est employée pour isoler la grille de l'antenne, cette capacité doit être de 3/10.000. C'est indubitablement le circuit à *une lampe sans réaction* reconnu comme le plus efficace et possédant, lorsqu'il est bien accordé, l'efficacité d'un circuit sans réaction à deux lampes. Une fois encore, je doute si le transformateur BF vaut la dépense.

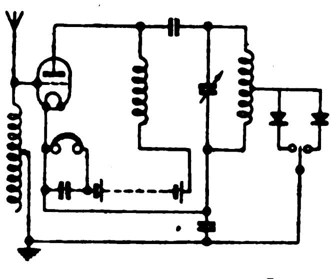


Fig. 9.

Il ne semble pas y avoir avantage à diminuer le chauffage au-dessous de 4 volts et l'augmentation de la vie de la lampe n'est pas sensible. Pour les transformateurs BF représentés sur la figure 9, un transformateur entre lampes peut être employé.

La figure 5 donne le plus simple des bons montages à double amplification. La figure 8 est recommandée si l'on désire ajouter des lampes amplificatrices. L'amplification supplémentaire Tesla entre antenne et grille (figure 7) donne encore de meilleurs résultats, mais exige des appareils plus coûteux. Par contre, le schéma indiqué sur la figure 9 est le meilleur, mais il est aussi le plus onéreux.

Dans les figures 6 et 9, on remarquera que si le cristal est connecté au sommet de la bobine d'accord de plaque, cette bobine et le cristal peuvent être le système de réception ordinaire utilisé dans les postes à cristaux. Le restant peut être le montage à double amplification, muni de 4 bornes permettant l'addition du montage à galène. Si la bobine d'accord du montage à galène est variable, soit au moyen du curseur, soit au moyen de plots, le condensateur d'accord peut être un petit condensateur fixe.

Quand on ajoute un amplificateur et si l'on désire faire usage de la même source à haute tension, le dispositif habituel de montage des téléphones devra être modifié. Le primaire d'un transformateur BF sera mis à la place des téléphones.

Enfin, si l'on désire employer ce circuit avec une lampe détectrice, il suffit de relever le chercheur de la galène, puisque la lampe détectera les oscillations reçues.

Neutralisation de la capacité entre les électrodes d'un tube à vide dans un amplificateur H. F., par M. Hazeltine (*Wireless World* : avril 1923).

Théorie de la méthode. — Soient 2 circuits oscillants A et B (fig. 1) couplés par une capacité parasite C. Si le circuit A est le siège d'énergie oscillatoire, une partie de celle-ci sera transmise à B par la capacité C. Connectons maintenant la capacité C et les

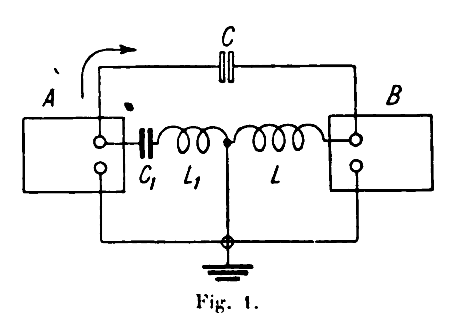


Fig. 1.

selfs L et L_1 fortement couplées entre elles ; si leurs valeurs sont convenablement choisies, un courant passera par C_1 L_1 dans la terre, induisant dans L une force électromotrice qui pourra neutraliser celle existant aux bornes du condensateur C. La neutralisation sera parfaite si la relation :

$$L_1 C_1 = L C$$

est satisfaite.

La figure 2 montre que le même montage empêchera également une réaction du circuit B sur le circuit A. La capacité parasite est donc bien pratiquement neutralisée.

Application à un amplificateur H.F. — Les figures 3 et 4

indiquent le montage d'un tube à vide amplificateur pourvu d'un dispositif de neutralisation ; la figure 3 correspond à la figure 1, la figure 4 à la figure 2.

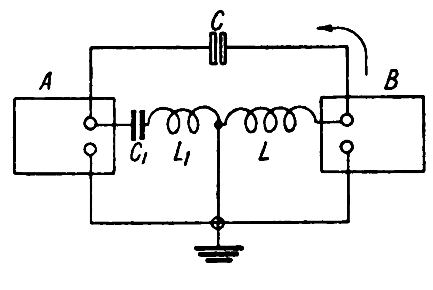


Fig. 2.

Dans la figure 3 la capacité du tube est représentée par C; l'enroulement et le condensateur de neutralisation sont respectivement L_1 et C_1.

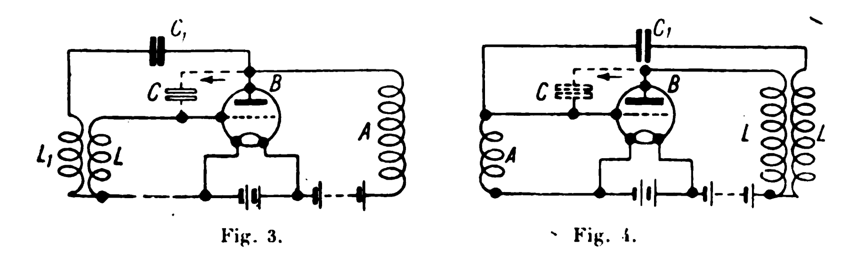


Fig. 3. Fig. 4.

Le courant perturbateur est supposé originaire de B. Un couplage correct de L et L_1 assure la neutralisation. Les extrémités supérieures des bobines L et L_1 devront être pour cela de polarités opposées. L'enroulement neutralisant est couplé avec la bobine de grille, le condensateur avec la plaque.

Dans la figure 4 le courant perturbateur est également originaire de B, l'enroulement neutralisant est ici couplé avec la bobine de plaque, le condensateur avec la grille.

Application pratique. — Les figures 5 et 6 montrent la partie à haute fréquence d'un amplificateur H F à transformateur en résonance. Il est à noter que les enroulements primaires des transformateurs F et F_1 sont connectés au filament à travers la batterie de plaque. Les capacités parasites sont indiquées par les condensateurs

pointillés C. Les enroulements des transformateurs jouent donc le rôle des bobines L et L_1 ; il suffit donc de monter des condensateurs d'une valeur déterminée pour assurer la neutralisation. La figure 5

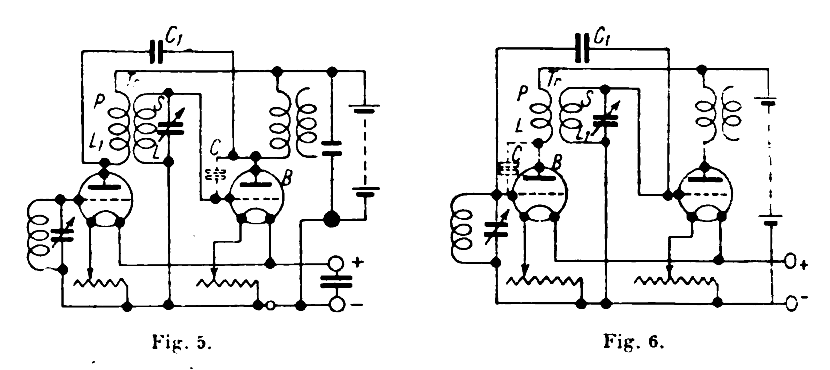


Fig. 5. Fig. 6.

correspond à 3, la figure 6 à 4, le rapport $\frac{C}{C_1}$ des capacités est donné par le rapport de transformation $\frac{L_1}{L}$ du transformateur.

Valeurs numériques. — Pour des enroulements de transformateurs composés respectivement de 13 et 55 tours, la capacité cor-

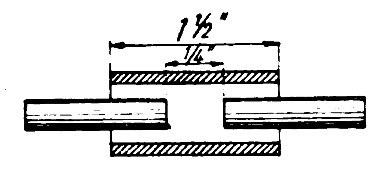


Fig. 7.

rectrice était de l'ordre de 3 à 4 centimètres. On peut la réaliser commodément en amenant bout à bout à quelques millimètres d'écartement les extrémités de 2 fils isolés sur lesquelles on fait glisser un manchon métallique (fig. 7).

Une méthode nouvelle pour la réception des signaux de T. S. F. (1) (*Wireless World* : juin 1923). — Il est possible de laisser de côté l'appareillage ordinaire : détecteurs, tubes à vide.

(1) Brevet anglais n° 187.971.

écouteurs téléphoniques, grâce au récent perfectionnement apporté par Einthoven à son galvanomètre à vibrations. Cet appareil était resté jusqu'ici réservé aux mesures scientifiques et aux essais de laboratoires ; il n'est d'ailleurs sensible qu'à des courants de moyenne fréquence ou aux courants semi-rectifiés produits par l'action d'un détecteur. Mais Einthoven a montré qu'il est possible de construire des fibres de quartz assez fines pour que la fréquence de leurs vibrations soit de l'ordre de celle des courants employés en T.S.F., ce qui permet d'obtenir des effets de résonance lorsqu'elles sont traversées par un courant tout en étant placées dans un champ magnétique intense. Un dispositif microscopique permet de rendre visible les vibrations de la fibre en les projetant sur un écran ou une plaque photographique.

Un fil de quartz d'un millimètre de longueur et d'un millième de millimètre de diamètre soumis à une tension de 20 milligrammes vibre à une fréquence de 300.000 périodes seconde correspondant à 1.000 mètres de longueur d'onde.

La fibre de quartz est placée dans le vide ce qui permet de réduire le facteur d'amortissement à un chiffre bien plus faible que celui des oscillations électriques usuelles. Il en résulte un moyen de sélection très supérieur à la syntonie obtenue par les moyens électriques ; par contre, on peut accroître à volonté l'amortissement jusqu'à des valeurs permettant la réception des signaux Morse à des vitesses de plusieurs centaines de mots par minute.

Méthode pour supprimer le courant porteur en téléphonie sans fil (*E.T.Z.* : avril 1923). — Montage pour poste de 2 à 50 watts permettant la conversation en duplex sans circuit de compensation.

Principe : on module, en agissant sur le tube D qui constitue une résistance variable, en série sur la grille du tube A ; la différence de potentiel y est réglée de telle sorte qu'en dehors des oscillations téléphoniques la résistance de grille soit infinie.

Dans ces conditions le courant porteur ne prend naissance que

lorsque des oscillations induites par le microphone donnent à la grille de D un potentiel positif.

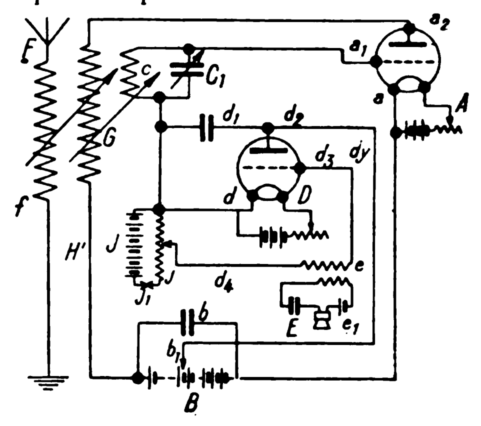


Fig. 8.

Les entreprises de spectacles et le broadcasting (*The Electrician :* 25 mai 1923). — A Londres, la semaine dernière, M. Rypinski, président de la section radio de la Société des constructeurs de matériel électrique a fait une conférence sur les développements de la radiotéléphonie d'informations en Amérique. Il fit connaître qu'aux États-Unis on comptait actuellement environ 700 stations émettrices autorisées et trois millions de postes de réception. Il reconnut que l'organisation du broadcasting était meilleure en Angleterre qu'aux États-Unis et approuva la constitution d'une compagnie unique chargée d'assurer les émissions.

Au début, quelques directeurs de théâtres américains avaient cru que le broadcasting nuirait à leurs affaires, mais depuis, ils ont reconnu que les émissions artistiques constituaient une excellente réclame. M. Rypinski pense que le broadcasting au lieu de faire tort aux spectacles contribuera puissamment à leur vulgarisation.

Aux États-Unis, les éditeurs de musique ont décidé, pour l'instant, de ne percevoir aucun droit sur les morceaux transmis par téléphonie sans fil.

L'organisation du broadcasting en Allemagne (*Wireless World and Radio Review :* juin 1923). — Jusqu'ici, en Allemagne, les particuliers n'ont pas le droit d'installer des postes émetteurs et

récepteurs radiotéléphoniques. Cependant, les progrès merveilleux réalisés par les sansfilistes amateurs, plus spécialement aux États-Unis et en Angleterre, ont suggéré aux grandes compagnies allemandes de T.S.F. l'idée d'organiser un service radiotéléphonique privé. Il y a quelques mois, ces compagnies ont fondé à Berlin la société « Rundfunk » qui construit des postes de réception et qui projette d'élever 8 ou 9 stations émettrices pour assurer le service dans toute l'Allemagne divisée en districts radiotéléphoniques. Chacun des districts comprendra trois zones; dans la première, la réception sera possible sans amplification ; dans la seconde et dans la troisième zone, les postes récepteurs comprendront des amplificateurs.

Il est probable que grâce aux efforts combinés de la société « Radiofunk » et du « Radio-Club » (nouvellement fondé par des experts et amateurs enthousiastes), on pourra bientôt faire lever l'interdiction qui pèse sur le public, sous réserve toutefois de certaines restrictions qui s'imposent, à savoir :

1° Les postes d'amateurs permettront de recevoir seulement sur les longueurs d'ondes réservées au broadcasting; les appareils seront construits de telle façon qu'on ne puisse s'écarter de la longueur d'onde normale que d'une quantité très faible, car il importe de respecter, dans tous les cas, le caractère secret de toutes les communications télégraphiques ;

2° Les appareils de réception porteront le sceau de l'Administration allemande des télégraphes, de sorte qu'on ne puisse les utiliser pour recevoir sur des longueurs d'onde différentes de la longueur autorisée ;

3° Ne seront pas autorisées les émissions faites par des amateurs.

En 1921, le ministre des postes d'Allemagne a créé le « Service des transmissions radiotéléphoniques » : c'est de cette année-là que date l'idée de faire de la téléphonie sans fil un service public. Les appareils installés chez les abonnés audit service ont été imaginés par trois sociétés bien connues : Telefunken, Huth et Lorenz.

Le service a été inauguré en août 1922; il fonctionne sur les mêmes bases que le service téléphonique ordinaire. Moyennant paiement d'une taxe annuelle, les abonnés sont pourvus d'un poste

de réception dont l'installation et l'entretien incombent à l'Administration allemande des télégraphes. L'entretien est grandement facilité du fait que les accumulateurs sont supprimés et que les courants de chauffage et de plaque sont prélevés sur le réseau d'énergie au moyen d'un appareil transformateur spécial.

Le nombre des abonnés atteint aujourd'hui 2.000 environ ; ce sont surtout des banquiers, de gros négociants ou industriels, etc... Les émissions ont lieu à l'importante station de Königswusterhausen qui dispose de 12 postes émetteurs indépendants travaillant sur des longueurs d'onde voisines de 4.000 mètres et pouvant mettre 10 kW. dans l'antenne ; les communications sont pour la plupart d'ordre économique (cours des bourses allemandes et étrangères, mercuriales, etc...). Les renseignements sont centralisés par la société « Eildienst » de Berlin et transmis à la station de Königswusterhausen chargée de leur diffusion. Les appareils des abonnés sont simples, robustes et faciles à faire fonctionner. La boîte du poste comporte un seul bouton de commande, manœuvré de l'extérieur, qui sert à accorder simultanément les circuits primaire et secondaire. Les appareils fonctionnent aussi bien avec du courant continu qu'avec du courant alternatif pris sur le réseau local à haute tension.

Le Ministre des Postes d'Allemagne a exigé que les appareils ne puissent servir qu'à la seule réception des émissions de broadcasting. Il est rigoureusement interdit de recevoir d'autres messages ou télégrammes. Cette condition est satisfaite en réglant une fois pour toutes le poste récepteur sur la longueur d'onde autorisée. La boîte est ensuite scellée de façon à ce qu'on ne puisse toucher à l'installation en vue de recevoir sur des longueurs d'ondes interdites. Le bouton de commande permet de faire varier l'accord dans des limites de 2 % seulement, ce qui suffit pour obtenir le maximum d'amplification, et en même temps pour éviter toute fraude.

Les postes récepteurs comprennent :

1° Le dispositif d'accord (voy. fig.), les circuits oscillants et la lampe détectrice ;

2° L'amplificateur à 1, 2 ou 3 lampes qui fonctionnent comme amplificatrices basse fréquence, suivant l'intensité reconnue nécessaire pour une bonne audition ;

3° L'appareil de branchement sur le réseau H.T. ; cet appareil permet d'utiliser du courant industriel continu ou alternatif.

Le poste récepteur comprend une installation à réaction qui permet de recevoir les ondes dont la longueur est comprise entre 3.000 et 4.500 mètres ; elle est renfermée dans une boîte en chêne de 37/22,5/16,5 cm., à double couvercle. Elle pèse 5 kg. environ. L'installation étant en place, la boîte est fermée et scellée. La figure ci-après permet de se rendre compte du fonctionnement. Lorsque le récepteur est accroché, l'antenne est mise à la terre. Le circuit d'antenne comprend l'aérien, la terre, le condensateur (1/10) et la self d'antenne (1/9) à plusieurs prises de contact. La bobine (12/13)

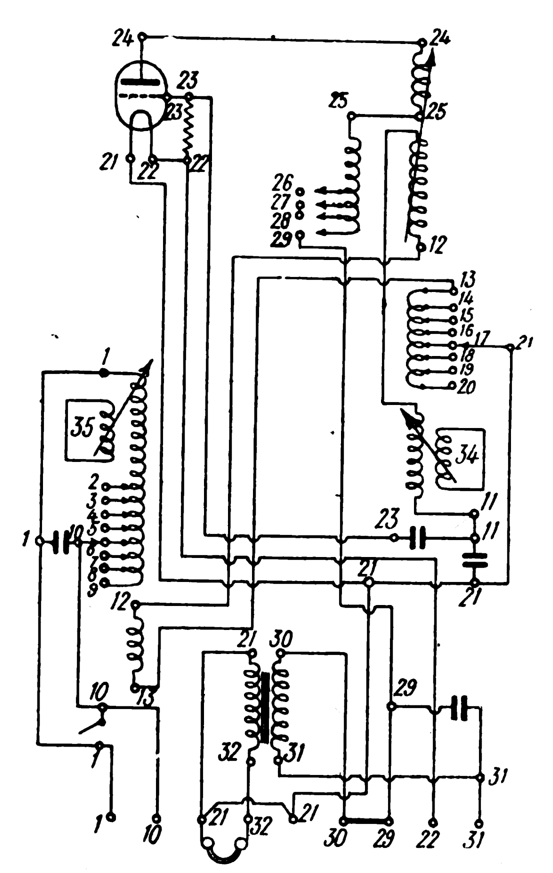


Fig. 9. — Schéma du dispositif d'accord.

permet de faire varier l'accouplement de l'antenne avec le circuit secondaire. Celui-ci comprend ; la bobine (12/13) ; la self (25/12) ; la bobine à contacts (12/21) et le condensateur (11/21). Le circuit de grille comprend : le condensateur (23/11), la forte résistance (22/23) de 2 ou 3 mégohms, reliée à la borne + du filament. Le circuit de plaque comprend : la bobine à réaction variable (24/25), la bobine à réaction fixe (25/29), les bornes (29 et 31) reliées à la ligne à haute tension et le primaire du transformateur téléphonique (30/31). Entre les points 29 et 22 du circuit de chauffage, il y a une différence de potentiel de 6 volts.

Les récepteurs téléphoniques sont du type à résistance faible de l'Administration allemande des télégraphes. Ils sont reliés au circuit de plaque à travers le transformateur téléphonique (21/32). La particularité vraiment intéressante du poste récepteur est qu'on peut, à l'aide d'un simple commutateur, accorder simultanément les circuits primaire et secondaire. Dans ce but, les inductances du primaire et du secondaire sont munies chacune de petites bobines court-circuitées mobiles et indépendantes (34 et 35). En déplaçant ces dernières, on fait varier la self-induction des circuits primaire et secondaire et on modifie l'accord des circuits dans la limite de 2 °/₀ indiquée plus haut.

Le réglage du poste avant la mise sous scellés de la boîte a été facilité : un tableau fixé sur le couvercle intérieur porte les données relatives au circuit secondaire obtenues expérimentalement et indique comment il faut régler la bobine du secondaire pour différentes longueurs d'onde. Pour celles comprises entre 3.000 et 4.500 mètres, par échelons de 50 mètres, des contacts à fiche permettent de prendre sur la bobine du secondaire un nombre de spires convenable.

Avant de quitter l'atelier, les postes sont vérifiés en ce qui concerne : 1° le meilleur couplage des circuits primaire et secondaire ; 2° l'effet de réaction. Le poste étant posé chez l'abonné, il suffit d'accorder le circuit primaire ; le réglage dépend évidemment des caractéristiques de l'antenne.

Il a semblé désirable d'équiper le poste pour permettre la réception des télégrammes. On y est arrivé sans grandes difficultés en

s'arrangeant pour pouvoir à volonté augmenter le couplage à réaction (accouplement plus serré). Pour passer de la meilleure position en radiotéléphonie à la meilleure position de réception télégraphique, il suffit de manœuvrer un bouton gradué qui agit sur la bobine d'accouplement à réaction.

Chaque poste est muni d'une lampe à vide de secours. Une ouverture pratiquée dans le couvercle intérieur de la boîte permet de remplacer la lampe sans ouvrir la boîte elle-même. A la partie supérieure gauche du couvercle extérieur, il existe une petite fenêtre par où l'on peut surveiller le chauffage du filament de la lampe.

Détérioration par la rouille des consoles en fer, par le Dr O. Hahnel, Postrat (*Extrait des « Mitteilungen aus dem Telegraphentechnischen Reichsamt »*, 1922). — Dans les lignes aériennes allemandes sur traverses, les isolateurs sont portés par des consoles en fer, sur lesquelles ils sont vissés par l'intermédiaire d'une garniture en chanvre. Or, dans une des circonscriptions de l'Allemagne du Nord-Ouest, on a récemment observé que les consoles sont rongées par la rouille, au-dessous des isolateurs, sur une longueur de 3 à 5 centimètres et sur presque toute leur épaisseur.

La cause de cette corrosion n'est pas encore clairement expliquée ; il est impossible d'invoquer l'électrolyse ou l'attaque par une matière acide contenue dans l'huile qui sert à graisser la garniture de chanvre ; mais comme les consoles doivent être protégées par une couche de peinture dans la partie qui se trouve au-dessous de l'isolateur, on a pensé que l'application de la peinture avait été faite d'une manière défectueuse lors de la mise en place des isolateurs.

On pourrait remédier à ce défaut en remplaçant la couche de peinture par la galvanisation faite par le procédé Schoppe où le zinc fondu est projeté sur la pièce à recouvrir à l'aide d'une sorte de pistolet ; cette manière de faire est d'une application facile et est en outre très bon marché.

Il reste encore à déterminer la cause de la corrosion des consoles, question de toute importance pour l'établissement de dispositifs de

protection. Il sera en outre nécessaire d'examiner si cette attaque par la rouille est limitée aux régions du nord-ouest ou si elle se produit dans l'ensemble du pays et d'étudier s'il ne convient pas d'exercer un contrôle pour que les consoles soient peintes avec tout le soin nécessaire.

Détérioration du béton dans les terrains marécageux,

par F. K. Jahn (*Extrait des « Mitteilungen aus dem Telegraphentechnischen Reichsamt »* : 1922). — Depuis longtemps on sait que les pièces en béton ne peuvent être employées indifféremment dans tous les cas et qu'il est des exemples de constructions en béton mises rapidement hors d'usage. Mais il est difficile de déterminer a priori, si étant donné un cas particulier de construction, il est ou non possible d'employer le béton. Cela tient à ce que l'on connait très mal les propriétés du ciment et du béton.

On sait cependant que certaines substances peuvent altérer le béton et le ciment ; c'est notamment le cas pour :

les sels acides et les acides,

les eaux chargées d'acides organiques,

le magnésium,

les composés sulfurés.

On a observé depuis longtemps que le béton est détérioré dans les terrains marécageux et on pensait jusqu'ici que cette attaque est due à l'action des acides contenus dans l'humus. Or, il résulte d'essais fait récemment en Bavière que l'humus des marais ne contient pas d'acide, qu'il ne conduit pas le courant électrique et que sa réaction est tantôt acide, tantôt alcaline. L'explication doit par conséquent être cherchée ailleurs. C'est ainsi que, à Osnabrück, où des pièces en béton ont été détruites par du gravier contenant du sulfure de fer, la décomposition du ciment a été expliquée comme suit : le sulfure se transforme en sulfate de fer qui agit sur la chaux du ciment pour donner du sulfate de chaux.

Les acides organiques et les alcalis qui se trouvent dans les eaux marécageuses peuvent également attaquer le ciment.

Des mesures de protection ont été proposées. En premier lieu, on a reconnu la nécessité de procéder avant l'établissement de toute

fondation en béton, à un examen approfondi de la composition du sol au point de vue de son action sur le ciment et à un examen des propriétés de l'eau contenue dans le sous-sol. Même quand le sol se présente comme indifférent, il est nécessaire d'aménager un drainage efficace du sol afin d'écarter les eaux des fondations. De plus, un tel drainage apparaît comme un préliminaire indispensable pour l'emploi de moyens de protection tels que le badigeonnage ou le revêtement d'enduits de diverses natures; l'enduit le plus efficace est une couche d'asphalte d'épaisseur suffisante. Si le sol paraît susceptible d'attaquer le béton, il est préférable de renoncer à employer le béton et d'utiliser des briques liées au mortier de ciment gras; un bon drainage évite que le mortier ne soit détérioré.

Les résultats obtenus sont loin d'être complets; la question devra encore être étudiée et en particulier, il conviendra d'examiner quels seront les moyens qui permettront de donner au béton les qualités nécessaires pour résister aux matières qui sont actuellement susceptibles de l'attaquer.

Détermination de l'emplacement des sources de sons complexes (*Bell Telephone Quarterly:* janvier 1923). — La localisation des sources de sons purs a été traitée à différentes reprises, mais le cas des sons composés n'a pas été l'objet d'études aussi nombreuses. En publiant un article sur cette dernière question, dans le « Bell System Technical Journal », MM. Hartley et Fry se proposent de combler cette lacune (voy. vol. I, 1922).

Les auteurs admettent que la localisation des sources de sons composés doit se faire en trois étapes : 1° décomposer en ses composantes le son complexe ; 2° localiser la source de chacune des composantes ; 3° chercher à connaître la source du son complexe en se basant sur les résultats qu'on vient de recueillir. Le grand nombre de données expérimentales exerce des influences diverses sur le résultat final, suivant que les résultats concordent ou non. S'ils concordent, la précision est accrue; au cas contraire, des confusions se produisent, et certaines corrections deviennent nécessaires ; dans ce dernier cas, le résultat final dépendra probablement dans une large mesure des procédés psychologiques employés par l'expérimentateur et aussi de ses préventions personnelles.

Teneur de l'air de Berlin en gaz carbonique et gaz sulfureux (D'après une communication du « *Telegraphentechnisches Reischsamt* », par M. Haehnel, directeur du laboratoire de chimie). — La composition de l'air, établie en 1841 par Dumas et Boussingault ne se rapporte qu'à de l'air pur et sec ; il est cependant bien connu que la composition de l'air varie d'un endroit à l'autre ; mais son analyse n'est pas connue avec précision : on sait seulement qu'il renferme 0,03 à 0,04 °/₀ en volume de gaz carbonique CO^2 ; pour les autres gaz on ne sait rien de sûr.

D'autre part certaines dégradations de matériaux de construction, maçonnerie et métaux, à l'intérieur de grandes villes ou de régions industrielles, ne peuvent être attribuées qu'à l'action de l'air.

On a encore peu étudié ce qui concerne le cuivre, mais il est nettement établi que les fils de cuivre nu employés par l'Administration souffrent de l'action de l'air. En novembre 1921, à Berlin près de l'hôtel Kaiserhof, un fil téléphonique de cuivre appartenant à une nappe de 30 circuits se rompit. Un examen rapide montra que ce fil de 3 mm. était fortement attaqué sur une grande longueur. Le fil présentait une surface abimée couverte de vert-de-gris ; les érosions étaient si profondes que la section du fil avait été ramenée de 7 mmq à 2. Des autres fils de la nappe qui ne s'étaient pas rompus, 15 présentaient le même aspect mais pas au même point, ces différences tenaient à la différence de date de pose des fils. Aux essais chimiques on constata dans les érosions la présence de beaucoup de sulfure de cuivre et d'un peu de sulfate. Étant donné qu'il n'y avait pas de cheminée au voisinage immédiat, c'était donc bien l'air qui était intervenu.

A la suite de ces faits on décida d'étudier la question. Pour cela, on fit des prélèvements d'air à 5 jours différents, à des heures différentes, sur le toit d'une maison à 20 mètres au-dessus du niveau de la rue : au moyen d'une pompe on aspirait de l'air qui traversait 4 flacons laveurs de 1.000 cm^3 renfermant 250 cm^3 d'une solution concentrée de potasse. L'air traversait un filtre Berkefeld pour se débarrasser de ses poussières avant d'arriver au premier flacon. Les quantités de CO^2 et SO^2 absorbées par la solution étaient déterminées par une analyse en poids : pour doser SO^2 on oxydait le sul-

fite SO^3K^2 avec AzO^3H pour le transformer en sulfate et on dosait le sulfate ; CO^2 était dosé immédiatement par une mesure alcalimétrique. En 5 jours, en un total de 7 heures on analysa en tout 1135,52 litres d'air.

On trouva les impuretés suivantes pour 100 litres d'air : 0 gr.003281 de SO^2 et 0 gr. 4048 de CO^2. Soit une proportion en volume de 0,2 °/₀ de CO^2 et 0,00112 °/₀ de SO^2. Un essai analogue portant sur 1.200 litres d'air donna les mêmes résultats. La teneur de l'air en CO^2 est donc bien supérieure à celle donnée jusqu'ici comme valeur moyenne (0,03 à 0,04 °/₀) ; de même pour SO^2.

Tout en se trouvant en bien plus faible quantité que CO^2, SO^2 a une action beaucoup plus forte; la violence de cette action s'explique par le fait que SO^2 se transforme facilement en SO^3 puis en SO^4H^2 soit sous l'action de la décharge électrique ou de la lumière solaire suivant l'équation

$$3\,SO^2 = 2\,SO^3 + S$$

soit en s'oxydant aux dépens de l'air en présence d'eau.

L'analyse de l'air exposée ci-dessus ne nous apprend rien sur la proportion relative de SO^2 et SO^3 dans l'air, mais, par suite de la facilité de l'oxydation de SO^2 en SO^3, on peut admettre que 1 °/₀ au moins du SO^2 mesuré se trouve dans l'air à l'état de SO^3. D'autre part, si les gaz secs n'ont aucune action sur les métaux, il y a toujours assez d'humidité dans l'air pour transformer ces gaz en acides. Ce n'est d'ailleurs pas, comme on serait tenté de le croire, par les temps de pluie que l'action est la plus forte, mais par le brouillard et à la formation de la rosée. Par les temps de pluie, les acides formés sont trop dilués pour pouvoir agir ; au contraire s'il y a du brouillard ou de la rosée, les matériaux de construction et les métaux se recouvrent d'une couche d'humidité qui absorbe les gaz nocifs au point d'en faire des acides relativement concentrés. On ne peut rien dire de la concentration de ces acides, mais la solubilité des gaz en question de l'eau permet de s'en faire une idée : plus un gaz est soluble, plus il est facilement absorbé ; or SO^2 est environ 3.000 fois, et CO^2 1.000 fois plus soluble que l'air dans l'eau.

Teneur de l'air de Berlin en gaz carbonique et gaz sulfureux (D'après une communication du « *Telegraphentechnisches Reischsamt* », par M. Haehnel, directeur du laboratoire de chimie). — La composition de l'air, établie en 1841 par Dumas et Boussingault ne se rapporte qu'à de l'air pur et sec ; il est cependant bien connu que la composition de l'air varie d'un endroit à l'autre ; mais son analyse n'est pas connue avec précision : on sait seulement qu'il renferme 0,03 à 0,04 °/₀ en volume de gaz carbonique CO^2 ; pour les autres gaz on ne sait rien de sûr.

D'autre part certaines dégradations de matériaux de construction, maçonnerie et métaux, à l'intérieur de grandes villes ou de régions industrielles, ne peuvent être attribuées qu'à l'action de l'air.

On a encore peu étudié ce qui concerne le cuivre, mais il est nettement établi que les fils de cuivre nu employés par l'Administration souffrent de l'action de l'air. En novembre 1921, à Berlin près de l'hôtel Kaiserhof, un fil téléphonique de cuivre appartenant à une nappe de 30 circuits se rompit. Un examen rapide montra que ce fil de 3 mm. était fortement attaqué sur une grande longueur. Le fil présentait une surface abîmée couverte de vert-de-gris ; les érosions étaient si profondes que la section du fil avait été ramenée de 7 mmq à 2. Des autres fils de la nappe qui ne s'étaient pas rompus, 15 présentaient le même aspect mais pas au même point, ces différences tenaient à la différence de date de pose des fils. Aux essais chimiques on constata dans les érosions la présence de beaucoup de sulfure de cuivre et d'un peu de sulfate. Étant donné qu'il n'y avait pas de cheminée au voisinage immédiat, c'était donc bien l'air qui était intervenu.

A la suite de ces faits on décida d'étudier la question. Pour cela, on fit des prélèvements d'air à 5 jours différents, à des heures différentes, sur le toit d'une maison à 20 mètres au-dessus du niveau de la rue : au moyen d'une pompe on aspirait de l'air qui traversait 4 flacons laveurs de 1.000 cm^3 renfermant 250 cm^3 d'une solution concentrée de potasse. L'air traversait un filtre Berkefeld pour se débarrasser de ses poussières avant d'arriver au premier flacon. Les quantités de CO^2 et SO^2 absorbées par la solution étaient déterminées par une analyse en poids : pour doser SO^2 on oxydait le sul-

fite $SO^3 K^2$ avec $Az O^3H$ pour le transformer en sulfate et on dosait le sulfate ; CO^2 était dosé immédiatement par une mesure alcalimétrique. En 5 jours, en un total de 7 heures on analysa en tout 1135,52 litres d'air.

On trouva les impuretés suivantes pour 100 litres d'air : 0 gr.003281 de SO^2 et 0 gr. 4048 de CO^2. Soit une proportion en volume de 0,2 °/₀ de CO^2 et 0,00112 °/₀ de SO^2. Un essai analogue portant sur 1.200 litres d'air donna les mêmes résultats. La teneur de l'air en CO^2 est donc bien supérieure à celle donnée jusqu'ici comme valeur moyenne (0,03 à 0,04 °/₀) ; de même pour SO^2.

Tout en se trouvant en bien plus faible quantité que CO^2, SO^2 a une action beaucoup plus forte; la violence de cette action s'explique par le fait que SO^2 se transforme facilement en SO^3 puis en SO^4H^2 soit sous l'action de la décharge électrique ou de la lumière solaire suivant l'équation

$$3\,SO^2 = 2\,SO^3 + S$$

soit en s'oxydant aux dépens de l'air en présence d'eau.

L'analyse de l'air exposée ci-dessus ne nous apprend rien sur la proportion relative de SO^2 et SO^3 dans l'air, mais, par suite de la facilité de l'oxydation de SO^2 en SO^3, on peut admettre que 1 °/₀ au moins du SO^2 mesuré se trouve dans l'air à l'état de SO^3. D'autre part, si les gaz secs n'ont aucune action sur les métaux, il y a toujours assez d'humidité dans l'air pour transformer ces gaz en acides. Ce n'est d'ailleurs pas, comme on serait tenté de le croire, par les temps de pluie que l'action est la plus forte, mais par le brouillard et à la formation de la rosée. Par les temps de pluie, les acides formés sont trop dilués pour pouvoir agir ; au contraire s'il y a du brouillard ou de la rosée, les matériaux de construction et les métaux se recouvrent d'une couche d'humidité qui absorbe les gaz nocifs au point d'en faire des acides relativement concentrés. On ne peut rien dire de la concentration de ces acides, mais la solubilité des gaz en question de l'eau permet de s'en faire une idée : plus un gaz est soluble, plus il est facilement absorbé ; or SO^2 est environ 3.000 fois, et CO^2 1.000 fois plus soluble que l'air dans l'eau.

Pour avoir une idée de l'ordre de grandeur de la vitesse d'absorption par l'eau du SO^2 contenu dans l'air on fit l'expérience suivante : dans une pièce de 18 m³ on plaça un appareil à SO^2 ; lorsque l'air de la pièce renferma 2 °/₀ en volume (5 °/₀ en poids) de SO^2 on plaça dans la pièce un verre de montre rempli d'eau pendant 10 minutes ; ce verre renfermait 50 cm³ d'eau présentant une surface libre de 78,53 cm². Au bout de 10 minutes on dosa SO^2 au moyen d'une solution d'iode au titre $\frac{n}{10}$: on trouva que l'eau renfermait 0,0512 °/₀ de SO^3H^2 comprenant un peu de SO^4H^2. Pour se rendre compte de l'action de SO^3H^2 sur les métaux semblant d'ordinaire difficiles à attaquer, on plaça dans une solution de SO^3H^2 au titre $\frac{n}{15}$, (0,547 °/₀ en poids), 1 gr. 4239 de fil de cuivre ; au bout de 5 jours on détermina la quantité de cuivre attaquée par l'acide ; on trouva 0,3 °/₀ en poids. Ce résultat est décisif ; on n'imaginait pas qu'en si peu de temps une solution $\frac{n}{15}$ d'acide attaquerait une telle quantité de cuivre, sans quoi on aurait employé une solution plus diluée, $\frac{n}{100}$ par exemple, pour se rapprocher davantage des conditions réalisées dans la nature.

L'étude précédente a pour but d'attirer l'attention des milieux intéressés sur un point qui a été jusqu'ici négligé : l'action chimique d'éléments très dilués dans la nature, dont nul ne soupçonnait l'importance.

L'extension du service téléphonique en Suisse (P. E. Erikson, *Electrical Communication* : novembre 1922). — La Suisse est un petit pays, mais en raison de sa position centrale, elle est appelée à jouer un rôle essentiel lors de l'établissement en Europe de la téléphonie internationale à longue distance. Au point de vue du nombre des téléphones, la Suisse occupe le quatrième rang en Europe ; d'après les plus récentes statistiques, on y compte un téléphone par 23 habitants ; les installations y sont toutes très mo-

dernes. Plusieurs circuits internationaux traversent son territoire. L'Administration suisse des télégraphes s'est toujours montrée prête à collaborer avec les administrations des pays voisins et à réserver ses meilleures lignes au trafic international.

L'expérience avait montré que les lignes télégraphiques et téléphoniques risquaient d'être fort gênées par les nombreuses lignes de transport d'énergie, de traction et de transport de lumière qui sillonnent la Suisse. Pour remédier à ces inconvénients, l'Administration décida de construire en câbles souterrains toutes les lignes à longue distance.

D'une façon générale, le trafic interurbain suit deux directions principales : la direction nord-sud et la direction est-ouest. La première voie commence à Bâle, passe par Olten, Lucerne, et après avoir franchi le tunnel du Saint-Gothard, traverse Lugano pour se continuer vers l'Italie septentrionale. Elle achemine les communications échangées entre l'Angleterre, la Belgique, la Hollande et l'Allemagne d'une part, et l'Italie d'autre part. La voie est-ouest commence à Genève et, traversant la partie centrale de la Suisse, gagne le lac de Constance après avoir desservi les villes importantes de Lausanne, Berne, Zürich et Saint-Gall.

C'est sur ces réseaux, dont elle avait reconnu toute l'importance, que l'Administration suisse a commencé à remplacer les nappes aériennes par des câbles souterrains. Parmi les câbles importants, il faut citer le câble Lucerne-Attinghausen qui passe par Arth-Goldau au pied du Righi, près du lac des Quatre-Cantons, et se dirige vers le Saint-Gothard. Ce câble relativement court (54 km.) constitue l'épine dorsale, si l'on peut dire, de l'artère nord-sud qui sera reconstruite en câble partout où la chose sera jugée réalisable.

Le nombre des conducteurs pupinisés varie en cours de route ; le nombre maximum est 93 circuits (combinants et combinés compris, tous pupinisés). Les fils ont un diamètre de 1 mm. 5 ou de 1 mm. suivant la nature du service qu'ils sont appelés à assurer. L'équivalent de transmission, pour les 54 km., est égal à 8,5 m. c. s. ($\beta l = 0{,}93$) pour les circuits combinants en fil de 1 mm., et à 7 m. c. s. pour les circuits combinés ($\beta l = 0{,}77$). Les équivalents de transmission des circuits en fil de 1 mm. 5 sont d'environ 45 °/₀ plus faibles que ceux des circuits correspondants en fil de 1 mm.

Pour assurer un meilleur service entre Zurich et la partie méridionale de la Suisse, on pose actuellement un nouveau câble Zurich-Arth-Goldau via Zug : il aura une longueur de 42 km. Sa construction est identique à celle du câble Lucerne-Attinghausen ; l'équivalent de transmission kilométrique sera le même également.

Un autre câble très important doit être posé dans le tunnel du Simplon. Le trafic téléphonique entre la Suisse occidentale et l'Italie est écoulé sur des lignes qui suivent la vallée du Rhône; jusqu'à ces derniers temps, les circuits franchissaient le tunnel dans un câble krarupisé à 7 paires, mis en service en 1905.

Le trafic a pris une telle extension que les administrations suisse et italienne ont décidé de poser un câble d'un type plus moderne, dont la longueur atteindra 22 km. Il comprendra 20 paires combinables en fil de 1 mm.; les combinants et les combinés seront pupinisés. Ils donneront un total de 30 circuits téléphoniques.

La moitié du câble du Simplon sera posée sur le territoire suisse; pour des raisons nationales, il a été fabriqué en Suisse. La compagnie suisse a construit également les câbles Lucerne-Attinghausen et Zurich-Arth; les bobines Pupin sont du type « Western Electric ». La portion italienne du câble a été fabriquée en Italie.

Au lieu d'utiliser des conduites multicellulaires, l'Administration suisse emploie des conduites à une seule alvéole, d'un diamètre de 25 cm., dans lesquelles on pose les petits câbles armés, au fur et à mesure des besoins.

Pour finir, il convient de mentionner que l'Administration suisse a doté ses câbles à longue distance de tous les perfectionnements modernes : les circuits en fil de cuivre de faible diamètre sont pupinisés et équipés pour fonctionner avec des répéteurs. L'Administration poursuit l'exécution de son programme systématiquement et aussi rapidement que le permettent les conditions économiques actuelles.

La protection des câbles aériens et souterrains : une nouvelle composition (*Telephone Engineer :* janvier 1923).

Aux États-Unis, on emploie de plus en plus fréquemment des câbles posés directement dans la terre, c'est-à-dire sans conduites ; aussi

a-t-on cherché une composition qui réduise le plus possible les risques de destruction des enveloppes, dus à l'état du terrain, à la présence de rongeurs, etc... On a mis au point une composition, nommée l' « Ever-Protect », jugée très efficace et dont l'emploi tend à se répandre de plus en plus en Amérique.

Les inventeurs prétendent que cette composition neutralise les effets de corrosion produits par les eaux résiduelles des glaceries, des usines à gaz, des écuries, et par le purin, les escarbilles, etc... On peut s'en servir encore pour empêcher le bois de pourrir en terre. On l'a employée avec succès pour combattre l'effet chimique de certains terrains des États du sud-ouest, pour parer à la destruction de certaines enveloppes en plomb défectueuses et pour protéger les épissures des câbles aériens.

Le rendement des lignes téléphoniques interurbaines du réseau suisse, d'après A. Möckli, Berne. — (*Bulletin technique de l'Administration des Télégraphes et des Téléphones suisses* : avril 1923.)

Un réseau interurbain représente un capital immobilisé considérable. C'est ainsi qu'en Suisse, au 1er janvier 1922, ce capital se montait à la somme de 42.000.000 de francs pour les lignes interurbaines et de 2.238.000 francs pour les lignes internationales, soit au total 44.238.000 francs comprenant environ 1/4 du capital engagé dans les installations de l'Administration des Télégraphes et des Téléphones. Il importe donc de faire travailler convenablement ce capital. Or, si l'on fait abstraction des lignes téléphoniques d'une longueur de 0 à 50 kilomètres dont le rendement est, à quelques exceptions près, d'ores et déjà assuré et qui représentent une somme de 17.130.000 francs, il reste un capital de 24.870.000 francs dont le rendement est insuffisant.

Pour rendre, si possible, ce capital productif il y a deux moyens :

1° Améliorer le rendement des lignes de manière que le réseau actuel suffise encore pour un trafic considérable ;

2° Augmenter les taxes de conversation.

Ce second moyen est à exclure d'emblée parce qu'une administration publique ne devrait y avoir recours que lorsque tous les autres

s'avèrent insuffisants. Du reste, d'après la nouvelle loi sur les téléphones fédéraux, la taxe sur les circuits dépassant 200 kilomètres a été légèrement diminuée et portée de 110 à 100 centimes à cause de la situation géographique spéciale de centres importants tels que Genève ou Bâle, ou de contrées telles que les cantons des Grisons et du Tessin dont les abonnés étaient obligés, jusqu'ici, de payer des taxes dont la moyenne dépassait sensiblement celle que devaient acquitter les abonnés du reste du pays. Cette mesure est un bel acte de solidarité confédérale, mais qui complique singulièrement le problème pour les grandes lignes du réseau suisse, et plus que jamais, il importe d'y appliquer strictement les mesures que comporte le premier moyen indiqué.

Voici ce qui a pu être constaté à ce sujet : la comparaison de la situation actuelle avec celle de 1912 fait apparaître des améliorations très sensibles.

En effet, le rendement horaire des longs circuits interurbains, qui était en moyenne de 25 à 30 minutes utiles en 1912, est passé à *40 minutes* environ en 1921. Les valeurs de 25 minutes, très courantes autrefois, ont aujourd'hui pratiquement disparu et ne se rencontrent tout au plus que chez les opératrices débutant au service interurbain. On est arrivé à ce résultat en ayant recours aux moyens suivants :

a) Tandis qu'on atribuait autrefois 6, 7 et même 8 circuits à la même opératrice, on ne lui fait desservir, aujourd'hui, pendant les heures les plus chargées, que 4 ou même 2 circuits seulement suivant le capital qu'ils représentent (voir Supplément technique du Journal suisse des Postes, Télégraphes et Douanes, n° 9 de 1920).

b) L'instruction spéciale donnée au personnel opérateur interurbain a été améliorée.

c) Les prescriptions concernant ce service ont été complétées en tenant compte des expériences faites et du but à atteindre.

d) On veille de plus en plus à ce que les circuits de faible longueur, ainsi que les circuits d'abonnés ne soient eux-mêmes pas surchargés. Les circuits d'abonnés de tous les centres principaux font l'objet d'une statistique spéciale se répétant deux fois par mois;

cette statistique fournit à l'office téléphonique — ainsi qu'à l'abonné — les moyens de se convaincre que tel raccordement est surchargé.

e) Autant que faire se pouvait, on a spécialisé l'exploitation de certains longs circuits en les raccordant, à l'une des deux extrémités — centrale d'entrée — à des places d'opératrices locales, de manière à supprimer toutes les pertes de temps résultant de la collaboration des opératrices B.

Méthode d'observation des longs circuits. — Il est à prévoir que ces moyens se perfectionneront encore. L'examen attentif des résultats acquis jusqu'en 1921 démontre du reste qu'on peut améliorer la moyenne de 40 minutes, et que les valeurs maxima de 45 et 48 minutes du rendement horaire peuvent, avec le temps, devenir des moyennes. En conséquence, la Direction générale des Télégraphes a prescrit, dès le mois de janvier 1922, dans les centrales téléphoniques les plus importantes, un *service d'observations* très minutieux des circuits les plus importants, tel qu'il a été inauguré à Berne en 1912, puis introduit à Zurich quelque temps après (voir Bulletin technique n° 5 de 1918). La méthode consiste à observer ou à « filmer », à l'insu de la téléphoniste, tous les menus faits qui se passent sur un circuit, à les *analyser ensuite avec l'opératrice et la rendre attentive à sa méthode de travail, à ses erreurs, aux pertes de temps survenues et à la conseiller.* Ces opérations de service, qui ne sont pas à confondre avec un certain « mouchardage » si critiqué, ont avant tout pour but d'améliorer l'*éducation professionnelle* des téléphonistes. Elles sont faites à l'aide d'un chronomètre spécial indiquant les cinquièmes de seconde, et sont consignées par la surveillante-observatrice sur un formulaire *ad hoc* au fur et à mesure que les opérations se déroulent ; elles permettent d'établir pour chaque heure :

1° Le nombre de minutes productives, c'est-à-dire utilisées pour conversations payantes ;

2° le nombre de minutes perdues pour l'appel, pour la réponse oar la centrale appelée, par les conversations de service entre opératrices, par la réponse tardive des abonnés, pour la coupure des communications ;

3° le nombre d'unités écoulées ;

4° les erreurs de taxation éventuelles ;

5° la manière de s'y prendre de chaque opératrice pour l'accomplissement de sa tâche, sa façon de s'exprimer vis-à-vis des abonnés, etc.

Le tableau I reproduit ce formulaire, ainsi que, à titre d'exemple, les observations faites sur un circuit destiné au trafic sortant. Les colonnes verticales 1 à 12 servent à déterminer le nombre des minutes pendant lesquelles la ligne a été productive (temps utile), le temps perdu par l'opératrice et par les abonnés. Ces chiffres s'obtiennent par le calcul de la différence entre un chiffre d'une colonne et celui de la colonne précédente ; ils sont portés après coup le long des barres verticales, puis additionnés. Les colonnes 12 et 13 servent à comparer la durée exacte des conversations avec les annotations de l'opératrice et à déterminer les fautes de taxation éventuelles.

La surveillante-observatrice se trouve soit dans la centrale même, au pupitre d'observation, soit, ce qui est préférable, dans un local séparé. Dans l'intérêt d'une appréciation aussi équitable que possible du travail de toutes les opératrices contrôlées, de même aussi pour rendre plus aisée la comparaison des différents résultats obtenus, il est de toute nécessité que la surveillante observe certaines règles. Ce sont :

1° Les opératrices de la même centrale sont toutes à observer dans les mêmes conditions de travail. Le chef du Réseau veillera à ce que la manière de procéder soit équitable et uniforme.

2° Les opératrices sont à soumettre toutes au même nombre d'observations, p. ex. 20 à 30, de manière à obtenir des valeurs moyennes qui ne soient pas trop influencées par des extrêmes.

3° Chaque observation durera exactement une heure ; les observations pendant lesquelles la ligne est restée inoccupée par suite d'un manque d'inscriptions momentané ne sont pas valables.

4° Une observation doit commencer au moment de l'envoi de l'appel de la centrale de sortie à celle d'entrée (voir communication 1 du tableau I).

5° Pour son travail d'une heure, l'opératrice observée reçoit des points (communications-minutes) dont le nombre se calcule suivant

la formule : Nombre de points = nombre de communications × nombre de minutes utiles (tabl. B2 — 78010).

Du chiffre ainsi obtenu, on retranchera autant de fois 10 points que l'opératrice aura commis de fautes de taxation. Une différence entre la durée de la conversation indiquée par l'opératrice et la durée réelle, c'est-à-dire celle contrôlée par la surveillante-opératrice, ne sera considérée comme faute de taxation que lorsque l'administration où l'abonné subira une perte (voir communication 3 du tableau I).

6° Le temps perdu par les « non réponses » (N. R.) est à porter sous la rubrique « temps perdu par les abonnés » s'il s'agit du rendement de la ligne ; pour la détermination du nombre de points, par contre, une N. R. comptera, comme une communication normalement établie $p = t. (n + 1)$.

7° Les faux appels (*f.* A.) sont à traiter comme suit :

a) Une opératrice B donne un faux numéro. Cette communication ne sera pas comptée dans le rendement de la ligne ; le temps perdu sera porté dans la colonne « faux appels » du formulaire 634. Par contre, elle sera prise en considération dans les deux facteurs du produit $n \times t$ lors du calcul du nombre de points (communication 8 du tableau I).

b) Le demandeur indique un faux numéro. Cette communication sera traitée comme une conversation s'écoulant normalement (communication 12 du tableau I).

c) L'opératrice de la ligne elle-même commet une erreur (parce qu'elle s'exprime mal ou qu'elle n'est pas attentive à son travail, etc.). Cette fausse communication ne sera naturellement prise en considération ni dans le calcul du rendement du circuit, ni dans celui du nombre de points.

d) L'enregistreuse commet une erreur. On procédera comme sous **a**.

Résultats obtenus en 1922. — Les résultats de l'exploitation sont révélés par des statistiques et consignés sur des tableaux (V. tableaux II et III). Ces tableaux rendent compte l'un du rendement des circuits, l'autre du rendement des opératrices pendant l'année 1922 et pour les plus grandes centrales, les seules qui présentent de l'encombrement de 10 heures à 12 heures.

TABLEAU I

Centrale *Genève*	Ligne *Bale III*	Nombre d'inscriptions *20*	Attente *15* min.	Surveillante *G.*	Téléphoniste *D.*	Date et heure *11-III-22 10h20'25"*	Nᵒ *1*

Nᵒ de la communication	Heure	Temps depuis la suppression de la communication précédente jusqu'à: l'appel	la réponse de l'autre centrale	Nᵒ de l'abonné demandeur	Nᵒ de l'abonné demandé	fin de la conversation de service	commencement de la conversation entre abonnés	fin de la conversation entre abonnés	la coupure	l'avis : pas de réponse faux appel	Durée de la conversation	Annotation de l'opératrice	OBSERVATIONS
1	10 h. 20' 25"	0	5	M. 4548	3820	20	1'	3' 22"	3' 25"		2' 22"	3	
2		0	[3] 0	St. 101	2114	[15] 4	[30] 20"	6' 15"	[3] 6' 18"		5' 55"	6	
3		2	2	St. 4617	1020	[4] 8	[16] 25"	6' 40"	[3] 6' 47"		6' 15"	6	taxe insuffisante
4		1	1	St. 766	1530	[6] 7	[17] 58"	7' 5"	[7] 7' 10"		6' 7"	6	
5		15	18	St. 400	2309	[6] 60	[51] 1' 40"	2' 40"	[3] 2' 43"		1'	1	s'inscr. p. com. int.
6		0	[3] 7	M. 4713	4068	[12] 16	[40] 25"	2' 43"	[3] 2' 50"		2' 18"	2 1/2	
7		0	[7] 3	St. 1663	3455	[9] 23	[9] 45"	1' 40"	[7] 1' 41"		55"		
8		0	[3] 0	St. 3866	4449	[20] 22	[22] 50"		[1]	f. a. 1' 13"			Bâle donne 4469
9		32	33	St. 1500	3704	[22] 37	[28] 2' 25"	2' 45"	2' 50"	[23]	20"	1	
10		45	[1] 53	M. 6637	2104	[4] 60	[10]		[5]	n. r. 1' 40"			
11		16	[8] 20	M. 5304	2102	[7] 30	[30] occupé						
12			[1]	St 605	4068	[10] 40	1'	1' 20"	1' 22"	f. a.	20"	à taxer	Abon. a dem. nᵒ 4068 au lieu de 1528
13		0	0	St. 605	1528	[10] 8	[20] 28"	9' 10"	[2] 9' 12"		8' 42"	9	
14		2	5	St. 2627	6168	[8] 15	[20] 30"	2' 52"	[2] 2' 53"		2' 22"	3	
15		10	[3] 12	M. 4625	3521	[16] 18	[16] 30"	7' 20"	[1] 7' 21"		6' 50"	7	
16		3	[2] 5	St. 1400	1839	[6] 11	[12] 23"	2' 35"	[1]		2' 12"	4	11 h. 20' 25" comm. encore en cours
17		2' 66"	38"			[6] 185 = 3' 5"	[12] 450 = 7' 30"		40"	25"			
18													
										Total	45' 38"	45' 38" + 23" = 46' 01"	La téléph. des. aussi Bale I

RÉSULTAT DE LA MESURE pour une heure :	RENDEMENT DU CIRCUIT	RENDEMENT DE L'OPÉRATRICE	
	Nombre de communications n = 13 Nombre d'unités q = 21 Nombre de minutes utiles t = [illegible]	N de points 15 × 46' 01" $n_1 \times t_1$ 690,7 N. de fautes de taxation − 10 10 restent [illegible] p	Vu. L'opératrice : *D.*

TABLEAU II. — Rendement des circuits interurbains.

Moyenne des résultats de chaque centrale pour toute l'année 1922.

Centrale	Nombre des observations d'une heure	Rendement horaire		Rang des centrales par rapport au temps utile	Temps perdu par heure :					
		unités	temps utile		l'appel de l'autre	la réponse centrale	les conversations de service	la réponse tardive de l'abonné	la coupure	causes diverses
Bâle	142	19,1	44'59"	I	1'37"	1'33"	2'39"	7' 6"	1'19"	47"
Berne	69	19,2	42'08"	IV	2'21"	1'53"	3'47"	7'34"	1'26"	51"
Genève	459	19,2	43'37"	II	1' 7"	1'44"	3' 3"	8'19"	52"	1'18"
Lausanne	127	19,6	40'49"	VII	1'27"	1'20"	4'17"	9'43"	1'17"	1'07"
Lucerne	120	19,8	42'14"	III	59"	1'24"	4'24"	8'50"	54"	1'15"
St-Gall	125	19,5	41'27"	VI	1'10"	57"	4'13"	9'45"	1'19"	1' 9"
Zurich	292	19,5	41'36"	V	2'17"	1'12"	4' 9"	6'59"	2'17"	1'30"
Moyenne générale des 1334 observat.		19,3	42'38"		1'31"	1'28"	3'38"	8'10"	1'20"	1'15"

TABLEAU III. — Rendement des opératrices interurbaines.

Moyenne des résultats de chaque centrale pour l'année 1922.

Centrale	Nombre des observations d'une heure	Rendement horaire		Rang des centrales par rapport à la valeur $n \times t$	Fautes de taxation au détriment de :			Rang des centrales par rapport au nombre des fautes de taxation
		Nombre de communic. établies	Valeur du produit $n \times t$		l'administ. (pour 1000 comm. établies)	l'abonné (pour 1000 comm. établies)	en tout	
Bâle	142	11,2	515	VII	27	2,5	29,5	V
Berne	69	11,2	517	VI	16,9	6,5	23,4	II
Genève	459	12,0	543	IV	40,6	2,6	43,2	VII
Lausanne	128	13,6	574	I	15	1,2	16,2	I
Lucerne	120	12,5	548	III	21,7	3,9	25,6	IV
St-Gall	125	12,7	551	II	16,4	7,6	24,0	III
Zurich	292	12,5	541	V	25	7,3	32,3	IV
Moyenne générale des 1335 observations		12,2	536		27,8	4,1	31,9	

Le tableau II permet une évaluation comparative du fonctionnement de ces centrales. On y voit, par exemple, que Bâle qui détient le record du rendement des circuits (44′ 59″ utiles) le doit en partie au fait que les conversations d'une durée de 6′, 9′ ou 12′ à l'heure la plus chargée y sont moins rares qu'ailleurs, cela est du reste corroboré par le nombre relativement faible des unités de conversation. Au contraire, les abonnés de Lucerne et de Lausanne n'épuisent pas à leur avantage toute la durée de l'unité de 3′; il en résulte que des fractions d'unité sont en plus grand nombre comptées pour des unités entières et que le nombre des unités horaires s'en trouve accru alors que celui des minutes utiles est diminué.

Le tableau III résume des études systématiques du travail des opératrices. On y voit l'importance attribuée au produit nt qui est, en effet, un bon critérium de ce travail : pour cette appréciation, il faut évidemment prendre en considération le nombre de minutes utiles; mais, on doit remarquer que l'effort d'une opératrice pour un même nombre de minutes utiles t est d'autant plus méritoire que le nombre des communications n est plus élevé : d'où l'introduction de ce produit $n \times t$. Quant aux 10 points retranchés du résultat pour chaque faute de taxation, ils constituent un facteur empirique adopté à la suite d'essais et de comparaisons.

Des tableaux analogues sont dressés trimestriellement et signalent les progrès effectués dans les différentes centrales, comme aussi les caractères généraux de ces dernières. Ils indiquent à l'administration celles dont le fonctionnement est défectueux et l'incitent à en rechercher les causes.

Ajoutons que l'année 1922 ne fut en somme qu'un début : une amélioration aura lieu lorsque la sélection des opératrices en téléphonistes de 1re et de 2e classe aura reçu un commencement d'exécution; seront promues au rang de 1re classe les téléphonistes capables d'atteindre une moyenne déterminée. Elles travailleront sur les circuits les plus importants et seront rénumérées en conséquence ; les opératrices de 2e classe trouveront emploi aux tables à faible trafic.

Remarquons enfin que le tableau III renseigne exactement sur les pertes de temps inhérentes aux différentes phases d'une commu

cication et sur leur importance relative. Or, un des facteurs les plus considérables de ces pertes a été reconnu être l'abonné par sa réponse tardive à l'appel ou au rappel. La perte moyenne se monte par abonné à 40" et par heure à 8' 10". Comme on a calculé que chaque minute perdue sur l'ensemble du réseau représente un capital d'établissement supplémentaire de 1.000.000 de francs, on voit l'utilité qu'il y aurait à rendre les abonnés attentifs à leur manière de procéder, toute inconsciente, certes, mais si lourde de conséquences et à faire appel à leur collaboration bienveillante.

INFORMATIONS ET VARIÉTÉS.

Un nouveau câble sous-marin anglo-américain. — On procède actuellement à la pose d'un câble sous-marin anglo-américain qui sera le plus long et le plus rapide des câbles de haute mer existants à ce jour. Les points d'atterrissage sont respectivement Far Rockaway, Long Island (États-Unis) et Weston-super-Mare (Angleterre). Trois câbliers anglais, le « J. W. Mackay », le « Colonia » et le « Faraday » participent aux travaux qui sont menés activement.

Le nouveau câble a le plus gros conducteur de cuivre qui ait jamais été placé dans un câble sous-marin à longue distance et, par suite, sa capacité de transmission dépasse de beaucoup celle de tout autre câble de même longueur déjà en service. Le conducteur de la section principale pèse 1.100 livres par mille marin, contre 700 livres pour les câbles de haute mer les puissants employés jusqu'à présent.

La vitesse de transmission est estimée à 600 lettres par minute dans chaque sens simultanément, soit, au total, 1.200 lettres par minute ; cette vitesse pourra très vraisemblablement être dépassée quand les méthodes d'exploitation auront été perfectionnées. Dès maintenant, elle est tellement supérieure à la plus grande vitesse atteinte jusqu'ici dans l'exploitation des grands câbles transatlantiques qu'elle a nécessité de nombreuses recherches en vue de méthodes de travail et d'appareils appropriés.

Plus de 4 millions de livres de cuivre sont entrées dans la construction du conducteur du nouveau câble, et son isolement a nécessité l'emploi de 1.800.000 livres de gutta-percha, tandis que plus de 80.000 miles de fils de fer et d'acier de différents diamètres sont entrés dans la confection de l'armature nécessaire à la protection du conducteur de cuivre et de son isolant de gutta-percha.

Près des atterrissages, les fils de l'armature protectrice sont gros

et lourds pour mieux résister à l'usure par frottement sur les roches du fond et à l'assaut des vagues furieuses ainsi qu'au danger résultant de l'accrochage par les ancres des navires dans les hauts fonds. Le poids de ces câbles d'atterrissage peut s'élever à 20 tonnes au mille, mais il diminue graduellement à mesure qu'on s'approche des grandes profondeurs où il se réduit à 2 tonnes environ par mille marin.

Dans les eaux profondes, les fils de l'armature deviennent fins (mais sont capables de supporter une tension considérable), ce qui permet de remonter le câble à la surface quand une réparation s'impose.

La partie en grande profondeur dont le câble se trouve principalement constitué a un diamètre n'excédant pas trois centimètres et quart.

Transmission des concerts donnés dans les grands hôtels. — Les concerts donnés dans le salon de thé des grands hôtels des États-Unis sont transmis par téléphonie sans fil. Le microphone est placé au centre de l'orchestre ; c'est d'ailleurs la seule partie visible de l'installation. Les soupeurs et danseurs ne se doutent pas que les airs qu'ils entendent sont en même temps transmis aux quatre points cardinaux : l'installation du poste émetteur est si discrète que la chose peut paraître a priori invraisemblable.

Le Post Office britannique installe l'automatique à Londres. — Ayant décidé d'introduire le service automatique à Londres, le Post Office britannique vient de passer, avec l' « Automatic Telephone Manufacturing C° », un marché relatif à la fourniture du matériel nécessaire pour équiper 50.000 lignes d'abonnés et pour installer un grand central téléphonique destiné à raccorder entre eux le réseau automatique et le réseau manuel existant.

Emploi du téléphone pour surveiller la circulation des tramways. — Pour remédier aux encombrements inévitables

sur le réseau très dense des tramways qui desservent la partie de la ville située au nord de la Tamise, la compagnie des tramways de Londres a imaginé de recourir au téléphone. La circulation des trams est surveillée à partir du dépôt de Hackney où l'on a installé des tableaux commutateurs auxquels aboutit une ligne « omnibus » qui dessert les points terminus, les bifurcations et les points à circulation intense. Un dispositif spécial appelé *sélecteur* permet au surveillant du trafic de communiquer avec l'un quelconque des postes téléphoniqnes ou avec tous les postes à la fois. Ceux-ci sont intallés à côté des voies sur les colonnes où aboutissent les feeders. Un employé, responsable du trafic sur une section déterminée de la ligne, se tient en permanence à l'appareil et communique avec le surveillant toutes les fois qu'il en est besoin. Le surveillant est ainsi tenu au courant de tous les incidents (retards, pannes, accidents, etc...) et peut donner les ordres nécessaires pour qu'il y soit promptement remédié. Les appels sont reçus, par des haut-parleurs, dans le bureau du surveillant qui, à son tour, peut communiquer avec tous les postes téléphoniques du réseau de tramways (dépôts auxiliaires, ateliers de dépannage, bifurcations, etc.). Lorsque deux contrôleurs désirent communiquer entre eux pour le service, le surveillant leur donne une ligne. Un haut-parleur l'avise quand la communication a pris fin.

L'installation téléphonique du transatlantique américain « Léviathan ». — Le nouveau transatlantique « Léviathan » a été doté d'une remarquable installation téléphonique qui permet de le relier au réseau général dès son arrivée à quai. Un tableau commutateur à trois positions dessert les 600 postes téléphoniques installés dans les cabines et autres parties du navire. Le câble a été construit spécialement afin de résister à la chaleur qui se dégage de la salle des machines et qui règne dans diverses parties de la cale. Aussitôt après que le transatlantique a accosté, le câble est relié au central téléphonique de Lackawanna ; la liaison reste établie jusqu'au moment où le « Léviathan » lève l'ancre ; il est le seul jusqu'ici à profiter d'une telle installation.

Le Post Office britannique recrute de nombreux électriciens. — Pour faire face à l'extension du service téléphonique, le Post Office britannique a jugé nécessaire de renforcer le cadre de ses techniciens. La Commission des Administrations civiles vient d'ouvrir un nouveau concours pour le recrutement d'électriciens. Les épreuves portent sur les mathématiques supérieures, l'électricité générale, la télégraphie et la téléphonie.

Les emplois offerts constituent un débouché principalement pour les gradués des collèges techniques universitaires. La limite d'âge est fixée à 22 ans ; elle est reculée pour les candidats qui ont servi aux armées pendant la guerre.

BIBLIOGRAPHIE

Automatic Telephone Systems (vol. II), par W. Aitken. — Londres, Ernest Benn, Ltd ; 1 vol. 227 pages, 140 figures ou schémas ; relié : 35 shillings net.

Depuis la parution du volume I de cet ouvrage (1), la téléphonie automatique a été développée au point que l'auteur s'est vu contraint de faire paraître deux nouveaux volumes, au lieu d'un, pour traiter à fond son sujet. Le deuxième volume vient d'être publié avec un retard dû principalement à ce que certains systèmes n'étaient pas complètement au point et aussi à la complexité et à la difficulté de reproduction de certains diagrammes. M. Aitken espère que le troisième volume paraîtra sous peu.

Le volume II traite en détail des installations d'abonnés (postes principaux et secondaires, modifications à faire subir aux tableaux commutateurs manuels, tableaux commutateurs automatiques d'abonnés). Divers chapitres se rapportent aux centraux automatiques ruraux (type Siemens), aux centraux municipaux (type Automatic Telephone Mfg C°), aux centraux satellites, etc... Les questions relatives aux centraux interurbains et aux systèmes qui conviennent le mieux pour les zones très étendues (tels que les systèmes Ericsson, « Director » et « Panel ») seront traitées dans le troisième volume.

On trouve à la fin du volume II plusieurs chapitres qui complètent le volume I. Le plus intéressant peut-être est celui qui se rapporte au cadran modèle n° 8, connu sous le nom de *cadran-étalon* et qui représente la première tentative de standardisation de matériel téléphonique présentant une grande importance. L'auteur fait ressortir les avantages de cette standardisation. Le texte même des volumes I et II montre la nécessité, pour toutes les administrations téléphoniques, d'entrer résolument dans cette voie. On connaît la diversité

(1) Voir *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, 1922, n° 6, p. 1402.

des organes nécessaires, dans un système déterminé, pour donner au public toutes les facilités qu'il réclame. Lorsqu'il s'agit non plus d'un système mais de 5 ou 6 systèmes différents, on peut juger de la situation. Dans l'état actuel de la technique téléphonique, l'ingéniosité, le temps, l'argent dépensés pour perfectionner un trop grand nombre de systèmes seraient plus utilement employés pour améliorer un système type.

Peu de choses à ajouter à ce qui a été dit à propos du vol. I. Les schémas sont représentés avec soin et précision. Dans la préface, l'auteur signale que l'une des maisons de construction utilise des schémas présentés sous une forme différente de la forme ordinaire; pour éviter une transformation que les lecteurs n'auraient pas acceptée volontiers, ces schémas ont été imprimés dans les deux formes; les lecteurs jugeront par eux-mêmes. Outre que la majorité des ingénieurs préfère le genre de schémas auquel ils sont habitués, le choix dépend du sujet traité. Pour suivre commodément un circuit de bout en bout (par exemple lorsqu'il s'agit de relever un dérangement), il n'est pas douteux que la méthode, indiquée par les fig. 85 à 90, est préférable. Pour apprendre à connaître les circuits, la plupart des lecteurs préféreraient peut-être trouver groupés les relais et les contacts; mais ce besoin est moins impérieux lorsqu'il existe une description complète des circuits.

En ce qui concerne le texte, on peut remarquer que certaines descriptions ne sont pas aussi claires qu'elles pourraient l'être. Ceci rend la lecture un peu pénible; mais avec de l'attention et de la réflexion, on arrive à trouver très complets les renseignements donnés. Le volume II complète heureusement le volume I.

Calcul pratique des conducteurs dans les installations électriques (*sur réseaux publics et privés*), par P. Maurer, ingénieur à la Cie parisienne de distribution d'Électricité, professeur à l'École d'Électricité Bréguet et à l'École d'Électricité et de Mécanique industrielles de Paris. — Paris, Desforges, 29, quai des Grands-Augustins, Paris (VIe), 1 vol. grand in-8° broché, de 56 pages avec 3 fig. et 10 abaques hors texte. Prix : 5 fr. ; franco par poste : 5 fr. 50.

Manuel pratique du dessinateur électricien, par M. de Graffigny, ingénieur civil. — Paris, Desforges, 29, quai des Grands-Augustins, Paris (VIe), 1 vol. in-16 br. de 196 pages et 178 fig. Prix : 7 fr. 50.

Electrical measuring instruments and supply meters (Instruments de mesures électriques et compteurs de consommation), par D.J. Bolton. — Londres, Chapman et Hall, Ltd, 11 Henrietta Street, W.C. 2. ; 1 vol. grand in-8° relié, de 328 pages et 180 fig. Prix : 12 schelling 6 pence net.

Das Telektrische Fernsehen und das Telehor (La télévision et le Telehor), par Dionys de Mihaly. M. Krayn, Berlin W, éditeur. 1 vol. gr. in-8° de 114 pages avec 71 figures. Prix : broché, 12 fr. 60; relié, 18 fr. 90.

L'auteur rappelle : le principe de la téléphotographie et de la télévision ; ce qui les différencie l'une de l'autre ; les propriétés du sélénium et des résistances en sélénium. Après avoir passé en revue les méthodes et appareils utilisés par les nombreux chercheurs qui ont essayé de résoudre ces problèmes, il décrit les deux types de « Telehor » qu'il a lui-même imaginés et quelques cas intéressants d'application de son système.

D. de Mihaly considère le problème de la télévision comme pratiquement résolu. Il envisage la possibilité de perfectionner les résistances en sélénium et de transmettre les images avec leurs couleurs naturelles.

Le Gérant,

Léon EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS

12e ANNÉE. — N° 12. DÉCEMBRE 1923. PRIX : 3 fr.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.



LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE.
3 RUE THÉNARD, PARIS, Ve

Prix de l'Abonnement annuel : France .... 30 francs ; Etranger .... 34 francs.

Manuel pratique du dessinateur électricien, par M. de Graffigny, ingénieur civil. — Paris, Desforges, 29, quai des Grands-Augustins, Paris (VIe), 1 vol. in-16 br. de 196 pages et 178 fig. Prix : 7 fr. 50.

Electrical measuring instruments and supply meters (Instruments de mesures électriques et compteurs de consommation), par D.J. Bolton. — Londres, Chapman et Hall, Ltd, 11 Henrietta Street, W.C. 2. ; 1 vol. grand in-8° relié, de 328 pages et 180 fig. Prix : 12 schelling 6 pence net.

Das Telektrische Fernsehen und das Telehor (La télévision et le Telehor), par Dionys de Mihaly. M. Krayn, Berlin W, éditeur. 1 vol. gr. in-8° de 114 pages avec 71 figures. Prix : broché, 12 fr. 60 ; relié, 18 fr. 90.

L'auteur rappelle : le principe de la téléphotographie et de la télévision ; ce qui les différencie l'une de l'autre ; les propriétés du sélénium et des résistances en sélénium. Après avoir passé en revue les méthodes et appareils utilisés par les nombreux chercheurs qui ont essayé de résoudre ces problèmes, il décrit les deux types de « Telehor » qu'il a lui-même imaginés et quelques cas intéressants d'application de son système.

D. de Mihaly considère le problème de la télévision comme pratiquement résolu. Il envisage la possibilité de perfectionner les résistances en sélénium et de transmettre les images avec leurs couleurs naturelles.

Le Gérant,

Léon EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE.
3 RUE THÉNARD, PARIS, Ve

de l'Abonnement annuel : France .... 30 francs ; Etranger .... 34 francs.

COMMISSION DES ANNALES

DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

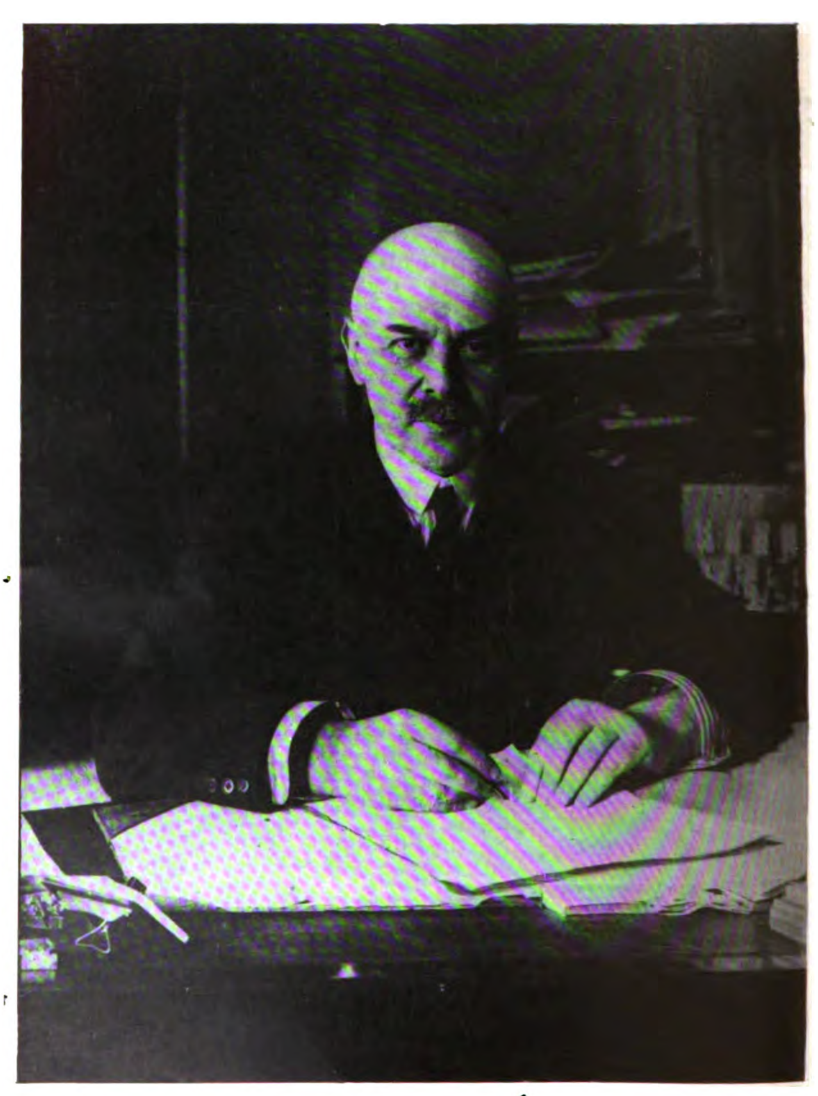
AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une Commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes.*

Cette Commission se réunit à l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VII[e].

Membres de la Commission :

NOTA La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.



ALFRED DENNERY

La famille postale française vient d'éprouver une perte cruelle en la personne de M. ALFRED DENNERY, Inspecteur Général des Postes et Télégraphes, Commandeur de la Légion d'honneur.

Sa mort survenue d'une manière foudroyante, au moment où, se sentant malade, il venait de prendre sa retraite, a plongé dans la consternation les nombreux amis qu'il comptait aussi bien dans l'Administration française des Postes et Télégraphes, que dans les Administrations étrangères et dans les milieux scientifiques et industriels où il était bien connu.

La vie entière du regretté ALFRED DENNERY est un noble exemple de travail, de probité, d'élévation d'âme, de dévouement au public. Né à Marckolsheim, en Alsace, le 4 juin 1871, dans une famille alsacienne qui refusa de vivre un seul instant sous la domination allemande, il avait gardé de son enfance le souvenir des récits d'une guerre malheureuse et l'ardent désir de revoir sa terre natale libérée. La victoire de 1918 en l'appelant auprès de M. Millerand, haut-commissaire d'Alsace-Lorraine, pour réorganiser les services postaux, télégraphiques et téléphoniques des provinces reconquises, devait lui procurer cette joie, l'une des plus douces de sa vie.

Entré à l'École Polytechnique, le 1er octobre 1891, il en sortit sous-lieutenant d'artillerie en 1893, passa sa licence ès sciences et fut, en 1894, reçu au concours d'élèves-ingénieurs des Postes et Télégraphes. A cette époque commence sa brillante carrière. Chargé, peu de temps après sa sortie de l'École Supérieure des Postes

et Télégraphes, des fonctions de sous-chef de bureau à l'Administration centrale (direction du matériel et de la construction), il appliqua à l'étude des choses administratives et à la connaissance des hommes les ressources d'un esprit scientifique épris de clarté et de logique et l'instinct d'une sensibilité très vive alliée à une volonté puissante. Tout lui fut sujet d'étude, car il était de ceux qui ne se lassent pas d'observer et de déduire pour mieux comprendre et mieux agir. Par delà les apparences, il cherchait les raisons qui meuvent les hommes et les lois qui régissent les choses. Au cours de ce stage, de 1900 à 1906, il acquit la compétence administrative et technique, base de l'inconsestable autorité dont il jouit par la suite : il y développa aussi ses qualités naturelles de caractère, goût des responsabilités, respect absolu de la parole donnée, sens de la collaboration. A trente-cinq ans, il avait déjà l'âme d'un chef et telle était la précocité de son génie administratif que M. Simyan, nommé, en 1906, sous-secrétaire d'État des Postes et Télégraphes, n'hésita pas à lui confier la direction de son Cabinet.

Dès lors, il fut en contact non seulement avec tous les services de direction et d'exécution de l'Administration des Postes et Télégraphes, mais aussi avec les Administrations françaises et étrangères. A mesure que son champ d'études s'élargissait, ses connaissances s'étendaient. La multiplicité et la diversité des questions budgétaires, parlementaires, techniques, commerciales, administratives, politiques dont il eut à connaître mûrirent son expérience ; il s'y distingua par une largeur de vues et une vigueur de conception qui devaient plus tard porter les plus beaux fruits.

Lorsque, le 15 mai 1910, M. Millerand, alors Ministre des Travaux Publics et des Postes et Télégraphes, le nomma Inspecteur Général à 39 ans et le chargea de la direction de l'École Supérieure, il put réaliser ce qu'il avait longuement médité. Son œuvre se développa dès lors avec une fécondité merveilleuse. L'École, centre d'études, fut agrandie, les programmes refondus, des stages pratiques pour les élèves, institués dans les différents services de l'Administration, des cadres de

professeurs, recrutés dans tous les milieux intellectuels pour former des promotions nombreuses de rédacteurs-élèves et d'élèves ingénieurs. A. Dennery savait que, pour perfectionner l'outillage et les méthodes d'exploitation, il fallait mettre à la disposition de l'Administration des effectifs importants de techniciens expérimentés. Non seulement il ouvrit toutes grandes les portes de l'École, mais encore, avec un esprit démocratique ennemi des préjugés de caste, il en permit l'accès à tous. Récemment encore il admettait des auditeurs libres, à l'instar des Écoles des Mines et des Ponts et Chaussées.

Rappelons à ce sujet les paroles qu'il prononça en 1921, au banquet de l'Association Amicale des Anciens Élèves de l'École Supérieure des P. T. T. :

« Nous savons qu'on trouve dans les moindres bureaux de poste des agents, des commis doués d'une intelligence remarquable, ayant le goût de la technique, qui sont ignorés, parfois perdus au fond de la province, mais qui ne demandent qu'à s'instruire, qu'à rendre à l'État des services toujours plus grands. Envers eux l'Administration a un devoir ; c'est d'abord de les connaître, ensuite de les faire émerger. Le moyen ? C'est tout en maintenant très élevé le niveau des études, de leur ouvrir les portes de l'École, pépinière des futurs chefs de l'Administration ».

Pour faire de l'École, centre d'études, le véritable cerveau scientifique de l'organisme administratif, il lui adjoignit un *Service d'Études et de Recherches Techniques et un Laboratoire de Recherches* d'un agencement moderne, ne le cédant en rien aux laboratoires des Administrations étrangères. Pour diffuser l'enseignement de l'École et tenir à jour sa documentation technique, il a rénové et développé les *Annales des Postes, des Télégraphes et des Téléphones* qui, sous son impulsion, sont devenues une publication mensuelle alors qu'elles étaient auparavant trimestrielles et dont le tirage a plus que doublé.

Il a créé et complété le *Musée postal* et en a vulgarisé la connaissance en le faisant transférer au Conservatoire National des Arts et Métiers. Enfin, cette année même, il dotait l'École

Supérieure d'une *Station d'émission radiotéléphonique* sur ondes courtes. Ce fut en France comme une révélation. Tout le monde désormais connaît l'École Supérieure des Postes et des Télégraphes et de nombreuses lettres de remerciements parviennent chaque jour de tous les coins du territoire et des pays limitrophes pour la qualité de ses émissions dont le caractère didactique, littéraire et artistique est très apprécié. Dans l'esprit d'A. Dennery, la station de T.S.F. de l'École Supérieure, non seulement devait permettre d'expérimenter et de perfectionner la radiophonie, mais encore avait pour mission d'utiliser les conquêtes de la science à élever les esprits et à affiner le goût.

Telle est, trop brièvement résumée, l'œuvre qu'A. Dennery parvint à réaliser en peu d'années, malgré le temps considérable qu'il consacrait aux comités et commissions qu'il présidait ou dont il faisait partie : le *Comité Technique des Postes et Télégraphes* qu'il a réorganisé en lui assurant, grâce à ses relations personnelles, le concours de savants éminents et de fonctionnaires ou de techniciens réputés, la *Commission Supérieure d'Enseignement Professionnel et Technique* qu'il présidait et par laquelle il fit aboutir les projets de réorganisation de l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, la Commission des Marchés, le Conseil de Perfectionnement de l'École Polytechnique où ses avis étaient très écoutés, etc. En mars 1923, il présida avec une autorité magistrale la première réunion du *Comité technique préliminaire international pour la téléphonie à grande distance en Europe*. Cet organisme nouveau lui tenait à cœur : il y voyait non seulement un moyen d'unifier les méthodes de construction, d'entretien et d'exploitation des circuits internationaux, d'augmenter la rapidité et la sécurité des communications intereuropéennes, mais aussi un puissant auxiliaire de la paix universelle : « Des guerres désastreuses auraient pu être évitées, disait-il, à la séance de clôture du Comité technique préliminaire, si les gouvernements avaient eu à leur disposition, en temps voulu, des moyens pour arriver rapidement et sûrement à une entente complète dans les heures de crises mondiales. »

C'est qu'il connaissait les horreurs de la guerre, non seulement par ses souvenirs d'enfance, mais par la part active qu'il avait prise dès les premiers jours de la mobilisation, à la guerre de 1914. Sous-directeur de Télégraphie militaire attaché à l'armée du général Pau, il fut des premiers à entrer à Mulhouse. Plus tard, adjoint au chef du 3e secteur télégraphique militaire, il joua un rôle considérable dans la constitution du matériel télégraphique et téléphonique militaire en collaborant avec les services et les laboratoires de l'Établissement central dirigés par le général Ferrié. Enfin, lorsque les États-Unis entrèrent en guerre, c'est lui qui assura la liaison entre l'Armée américaine et l'Administration des Postes et Télégraphes et les grands services qu'il rendit alors furent récompensés par la plus haute distinction dont le général Pershing disposait : la Distinguished Service Medal: En 1918, pendant l'armistice, A. Dennery fut appelé à adapter la réglementation française aux services postaux d'Alsace et de Lorraine, et dans cette délicate mission, il fit preuve d'une compétence et d'une habileté très remarquées en réussissant, sans heurter de front les habitudes acquises, à assimiler peu à peu un personnel nouveau et à mettre en œuvre un matériel très différent de l'outillage français.

Ces qualités intellectuelles et professionnelles et ces beaux résultats expliquent les regrets de l'Administration. Mais pour comprendre la douleur de ceux qui le pleurent, il fallait connaître la richesse de sentiments et la bonté de cœur qui, cachées sous l'apparente rudesse de l'écorce, ne manquaient jamais de réconforter aux heures difficiles ceux qui l'entouraient et qu'il ne lui suffisait pas d'éclairer et de guider par sa vive intelligence. Aimant à rendre service, il refusait qu'on l'en remerciât. Aux précieux enseignements que sa science, son expérience, son optimisme et son noble exemple ont donnés autour de lui, se mêle toujours la mémoire d'un bienfait. C'est pourquoi ceux qui l'ont connu ont ressenti de sa mort une tristesse profonde.

Avec Alfred Dennery disparaît une force. Bénéficiaire de sa vertu créatrice, la famille postale saura, par la fidélité de son souvenir, lui en témoigner sa reconnaissance.

Théorie et construction des appareils récepteurs

DE LA TÉLÉPHONIE SANS FIL

POUR TOUTES ONDES ET SPÉCIALEMENT POUR L'ONDE DE 450 MÈTRES (*suite* (1).

Par M. VEAUX,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

ÉTUDE DE L'ANTENNE

Sommaire. — Généralités.
Théorie du fonctionnement de l'antenne réceptrice; action du champ électrique sur les diverses portions de l'antenne.
Diverses conclusions pratiques.
Théorie plus complète. Puissance captée par l'antenne.
Hauteur effective de l'antenne.
Utilité de la nappe horizontale d'une antenne. Application.
Remarque.
Effet de l'inclinaison du champ électrique.
Longueur d'onde propre de l'antenne.
Utilisation de l'énergie captée par l'antenne réceptrice.
Rendement de l'antenne réceptrice.
Utilisation d'un circuit secondaire.

Généralités. — L'antenne est en général, avec la prise de terre, le point faible de nombreuses installations d'amateurs; les antennes utilisées sont *généralement beaucoup trop longues*; dans le cas des ondes courtes cette longueur est très préjudiciable ; elle est complètement inutile pour la réception des postes émettant sur des longueurs d'onde plus fortes (tour Eiffel. Radiola, par ex.).

Théorie du fonctionnement de l'antenne réceptrice; action du champ électrique sur les diverses portions de l'antenne.

Le poste d'émission produit à la réception un champ électrique alternatif vertical dont la valeur a été indiquée précédemment et

---

(1) Voir *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, novembre 1923.

qui oscille (fig. 18) entre les valeurs R R_1 et R R_2 ; Rr représentant à tout instant la valeur du champ électrique, le point r oscille entre les points R_1 et R_2 avec une fréquence correspon-

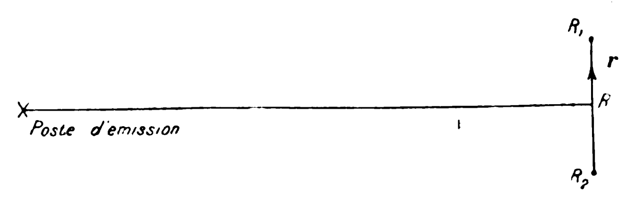


Fig. 18.

dant à une longueur d'onde de 450 mètres, et égale par conséquent (1) à $\frac{3 \times 10^8}{450} = 666,666$.

En R (fig. 19) on dispose une antenne constituée par un certain nombre de fils horizontaux BC avec descente verticale BA.

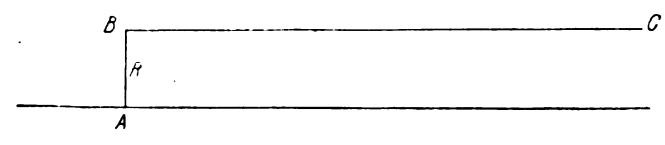


Fig. 19.

1° En ce qui concerne la partie horizontale BC le champ électrique est sans action puisqu'il est perpendiculaire à la direction des fils ; en tout point K, K', K'' (fig. 20) est appliqué un champ d'ailleurs très sensiblement le même :

$Kr = K'r' = K''r''$ = etc. ; de même (fig. 21) si l'on applique à une série de wagons liés les uns aux autres sur une voie ferrée ABC un effort alternatif $Kr = K'r' = K''r''$ = etc., perpendiculaire à la voie ferrée, ceux-ci restent immobiles.

2° Dans la partie *verticale* AB, le champ également *vertical* communique aux électrons un certain mouvement ; il y a naissance d'une force électromotrice qui produit un mouvement d'électricité, soit un courant électrique.

De même la force motrice dirigée suivant la voie et alterna-

(1) Application de la formule $\lambda = VT = 3 \times 10^8 \times T$.

tive communique au train de wagons ABC un mouvement alternatif qui dépend en outre de la masse des wagons et de l'élasticité des tampons.

Fig. 20.

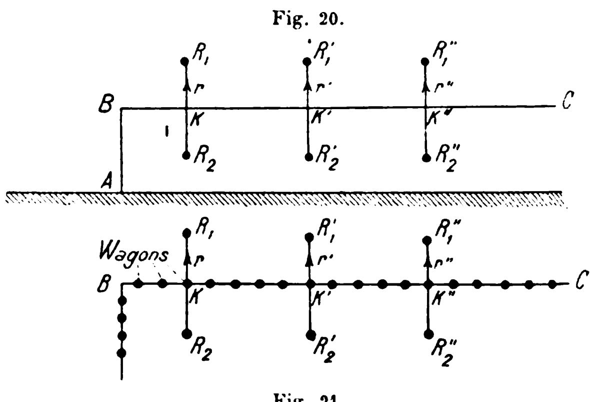


Fig. 21.

3° Si la descente d'antenne est inclinée suivant AB (fig. 22) le champ vertical induit dans une longueur de 1 mètre de fil AB une force électromotrice moindre que si le fil était vertical.

Fig. 22.

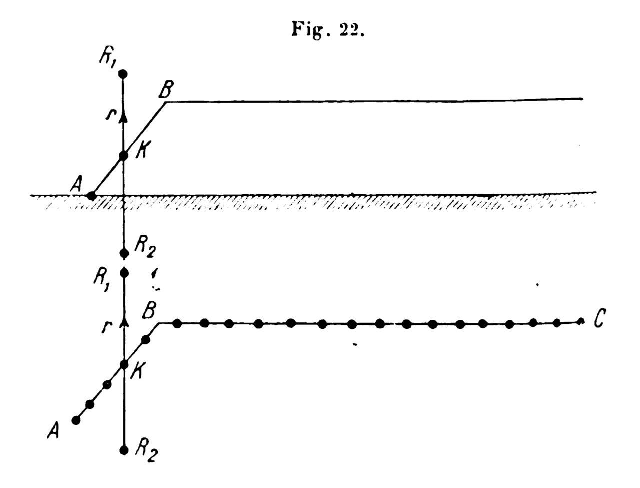


Fig. 23.

De même (fig. 23), si la force alternative appliquée aux wagons est la même que précédemment, le mouvement alter-

natif du train (courant électrique) possède une amplitude plus faible que précédemment si la force n'est pas dirigée dans le sens du mouvement.

4° Si, en particulier (fig. 24), l'antenne comprend une partie montante AB et une partie descendant presque jusqu'au sol BC, à un moment donné le champ produit des forces électromotrices dans les parties AB et BC qui s'opposent et se

Fig. 24.

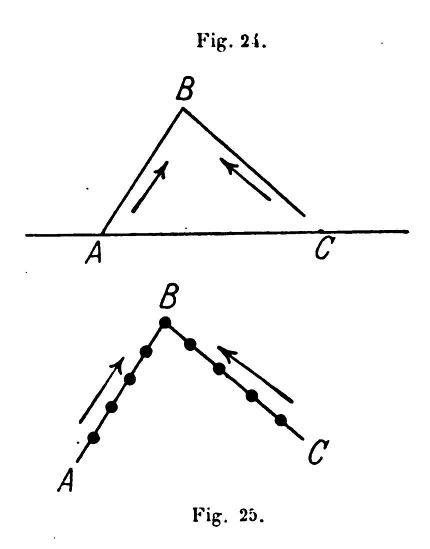


Fig. 25.

détruisent ; il n'y a pas de mouvement d'électricité. De même si des forces motrices alternatives égales sont appliquées aux deux portions de train AB et BC, il n'y a aucun mouvement du train lorsque les forces sont simultanément vers le haut ou vers le bas (fig. 25).

Diverses conclusions pratiques.

Tout ceci nous permet de comprendre certaines règles à suivre dans la construction d'une antenne de réception ;

1° Celle-ci doit être construite aussi haut que possible ; encore faut-il s'entendre à ce sujet ; il ne sert de rien de disposer une antenne très haut, si les appareils de réception sont immédiatement au-dessous ; la hauteur dont il s'agit est une hauteur au-

dessus des appareils de réception ou mieux de la prise de terre ; c'est AB qui doit avoir une forte valeur (fig. 26) puisque la force électromotrice est induite par le champ dans cette partie AB.

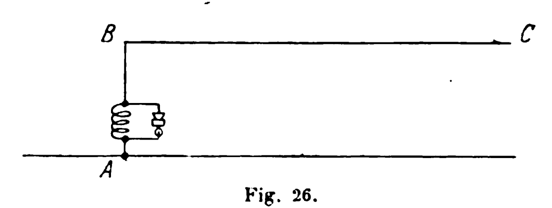


Fig. 26.

2° L'antenne de réception ne doit pas comporter de brins descendants ; en particulier, une antenne en parapluie n'est pas recommandée, le champ électrique agissant en sens inverse sur la descente aux appareils et sur les brins du parapluie.

3° En adoptant une antenne en nappe ou en V il faut réduire les flèches au minimum en construisant léger (nous verrons comment) : la figure 27 montre que la partie descendante BC agit

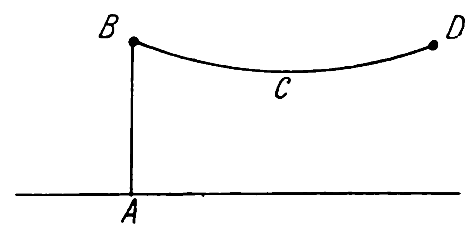


Fig. 27.

comme un brin descendant sur lequel le champ possède une action opposée à celle qu'il possède dans la partie AB ; il est vrai que l'action sur BC est compensée *en partie* par celle exercée sur CD. La fixité de l'antenne possède un autre avantage non négligeable ; le vent ne fait pas varier les formes et par suite l'intensité des signaux reçus.

Théorie plus complète. — Puissance captée par l'antenne.

1° Considérons d'abord (fig. 28) une antenne verticale d'un poste d'émission dans laquelle débite directement un alternateur

à haute fréquence en résonance grâce à l'emploi d'une self d'antenne L à la base. La f. é. m. U de l'alternateur est localisée à la base de l'antenne et peut être mesurée à vide au moyen du

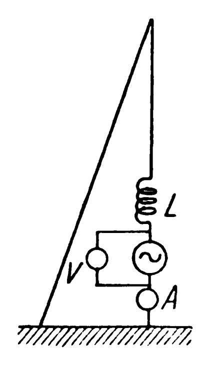


Fig. 28.

voltmètre V, l'antenne étant coupée ; l'intensité qui traverse l'alternateur, mesurée par l'ampèremètre A, est en phase avec la f.é.m. U, si bien que la puissance fournie par l'alternateur a pour valeur en watts :

$$P \text{ watts} = U \text{ volts} \times \dot{I} \text{ ampères}$$

2° Considérons maintenant (fig. 29) une antenne verticale réceptrice avec self à la base pour l'accorder sur 450 mètres. Lorsqu'un poste lointain effectue une émission sur 450 mètres, il y a production, au point de réception, d'un champ électrique vertical alternatif dont nous avons donné ci-dessus la valeur; ce champ, exprimé en volt-centimètre, représente la f.é.m. induite dans une portion de 1cm de conducteur vertical (1) ; ainsi, dire que le champ électrique, produit à la réception, a pour valeur 0,4 microvolt centimètre, c'est dire que la f.é.m. induite dans une longueur AB de 1 cm verticale de l'antenne réceptrice a pour valeur 0,4 microvolt.

Ainsi le champ produit dans chaque centimètre de portion verticale AB = BC = CD = DE, etc., = 1 cm, une f.é.m.

---

(1) On suppose le champ électrique vertical.

de 0,4 microvolt et dans le cas général de E microvolts. Il s'ensuit que dans l'antenne réceptrice la f.é.m. est répartie le long de cette antenne et que celle-ci peut être assimilée à l'ensemble représenté par la figure 30 ; dans chaque centimètre AB, BC, etc., de hauteur verticale se trouve un petit alternateur de f.é.m.

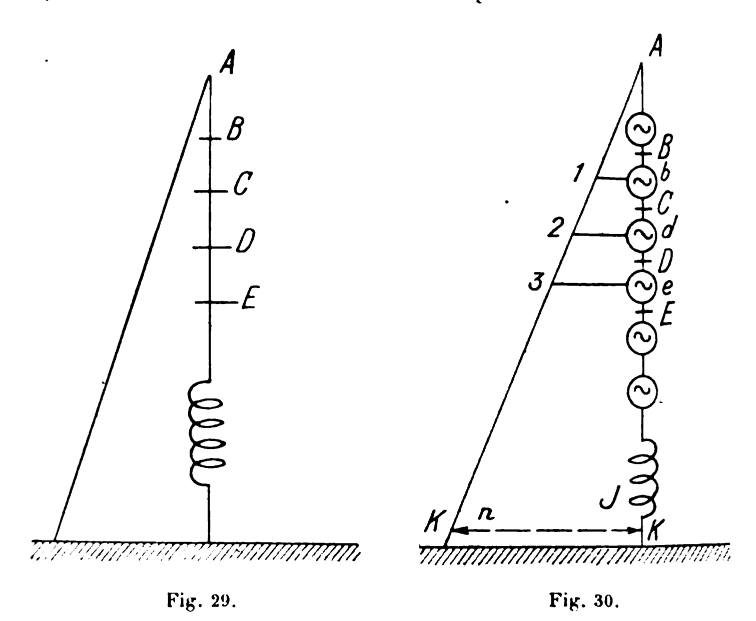


Fig. 29. Fig. 30.

égale à 0,4 microvolt; tous ces alternateurs travaillent en phase, c'est-à-dire que tous à tout instant poussent l'électricité du même côté avec la même force électromotrice ; mais ils ne travaillent pas tous également ; en effet, le courant est nul à l'extrémité A et croît lorsqu'on se rapproche de la base où il est maximum ; nous pouvons même supposer (self à la base élevée) que la progression d'intensité est proportionnelle à la distance du sommet ; le premier alternateur, situé dans le premier centimètre AB, ne travaille pas puisque le courant est nul ou presque (1) ; le

(1) Se rappeler que la puissance fournie par un alternateur lorsque le courant i est en phase avec la f.é.m. e a pour valeur $P = ei$; comme $i = 0$, $P = 0$ bien que e soit différent de zéro. De même une force dont le point d'application ne se déplace pas ne fournit aucun travail.

deuxième traversé par le courant (b 1) travaille un peu ; les suivants travaillent de plus en plus au fur et à mesure qu'on se rapproche de la base et le dernier travaille le plus ; si kn représente l'intensité à la base, 5 microampères par exemple, la puissance fournie est égale au produit de la f.é.m. de l'alternateur k, égale à la valeur du champ électrique E (1) que nous supposerons égale à 0,4 microvolt, par la valeur de l'intensité qui traverse cet alternateur :

$$P = \frac{5}{10^6} \times \frac{0,4}{10^6} = 2 \text{ micromicrowatts.}$$

La somme des puissances fournies par ces alternateurs représente la puissance captée par l'antenne réceptrice ; cette puissance captée n'est qu'une partie infime de celle rayonnée par le poste d'émission.

Hauteur effective de l'antenne. — Nous nous proposons de résoudre le problème suivant : reprenons l'antenne réceptrice de la figure 30 ; pendant la durée d'une émission, une puissance infime est captée par l'antenne ; quelle serait en l'absence de toute émission la f.é.m. de *l'alternateur unique* qui, disposé à la base de l'antenne, lui fournirait la même puissance que l'émission ?

Si I représente dans les deux cas l'intensité à la base de l'antenne, l la hauteur en centimètres de l'antenne, la puissance mise en jeu dans le dernier centimètre JK a pour valeur EI (E = valeur du champ ou f. é. m. par centimètre de hauteur), puisque I est le courant qui traverse l'alternateur élémentaire de base ; mais pour le centimètre du dessus, comme le courant a baissé et n'est plus égal à I, la puissance mise en jeu est inférieure à EI ; puisqu'il y a l cm., on doit faire la somme des puissances fournies par les l alternateurs (un alternateur par centimètre) ; chacun d'eux de f.é.m. égale à E (valeur du champ) est traversé par un courant inférieur au courant I de la base et fournit donc une puissance inférieure à EI ; les l alternateurs

(1) Puisque l'on considère une longueur de 1 cm de l'antenne verticale.



fournissent donc au total une puissance inférieure à l fois la puissance EI ; $P < l$EI, ce que nous pouvons écrire : $P < (l$E$)$I.

L'alternateur unique produisant le même effet que l'émission, disposé à la base de l'antenne et traversé par le courant I, doit avoir une f.é.m. inférieure à la somme (lE) des f.é.m. induites, dans les diverses portions d'antenne ; une théorie plus complète montre que l'alternateur unique possède une f.é.m. égale au produit de la valeur de E pour une hauteur de h^{cm} obtenue de la manière suivante ; on trace suivant AR (fig. 31) la courbe (1)

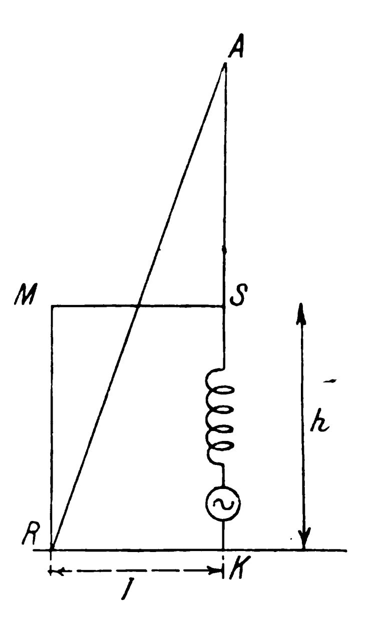


Fig. 31.

de répartition du courant le long de l'antenne ; sur KR comme base, on construit un rectangle KR MS dont la surface est égale à celle de la figure ARK ; la hauteur KS de ce rectangle représente la valeur de h. Dans le cas où l'antenne verticale possède une forte self à la base, la courbe AR est sensiblement droite et

(1) Dans le cas particulier de la fig. 31 (forte self à la base) la courbe AR est sensiblement une droite.

KS est égale à la moitié de la hauteur d'antenne : $h = \frac{l}{2}$. La quantité h est ce que l'on appelle la *hauteur effective* de l'antenne réceptrice ; cette hauteur effective dépend par conséquent :

1° de la forme de l'antenne,

2° de la façon dont les courants sont répartis le long de cette antenne ; d'après ce que nous avons vu dans la première partie l'introduction d'une capacité ou d'une self change la forme de répartition des courants (voir fig. 7-8-9), donc la hauteur effective de l'antenne.

Application. — Un poste d'émission produit en un point R un champ électrique égal à 0,4 microvolt-centimètre ; une antenne réceptrice placée en R est constituée par un fil vertical de 10 mètres de haut avec self d'accord à la base ; calculer la f.é.m. induite dans l'antenne ?

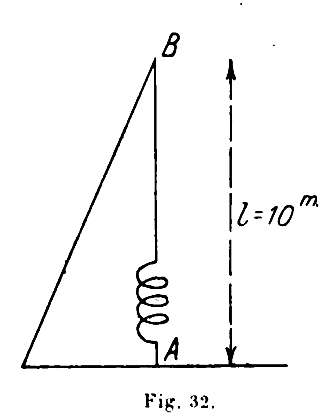


Fig. 32.

Dans ce cas (fig. 32) la hauteur effective de l'antenne est égale à $\frac{l}{2} = 5$ mètres $= 500$ cm, et la f.é.m. induite a pour valeur :

$$E \times h = 0,4 \times 500 = 200 \text{ microvolts.}$$

Utilité de la nappe horizontale d'une antenne. Application. — Les considérations précédentes permettent de comprendre l'utilité des fils horizontaux d'une antenne en nappe à la réception (fig. 33). Le long de BC, le champ électrique est sans action

(nous l'avons vu) et n'induit pas de f.é.m. ; le schéma correspondant à celui de la figure 33 pour l'antenne verticale est le suivant (fig. 34) : un alternateur de E microvolts par chaque centimètre de portion AB verticale, pas d'alternateur le long de BC; mais ici les alternateurs situés le long de AB travaillent tous sensiblement de la même façon puisqu'ils sont

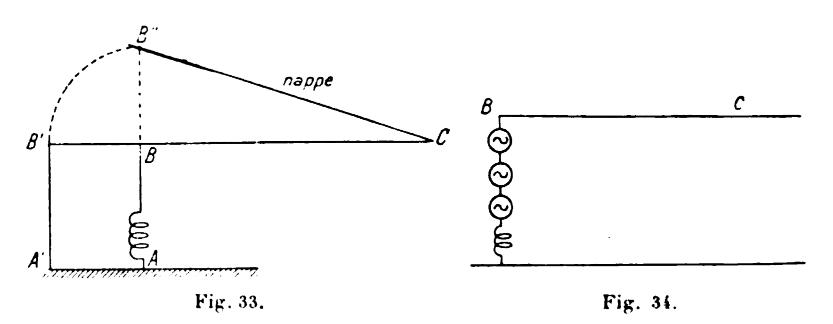


Fig. 33. Fig. 34.

traversés par une intensité presque égale; BB' est peu inférieur à AA' et leur différence est d'autant plus faible que la portion BC des fils horizontaux est grande par rapport à la montée

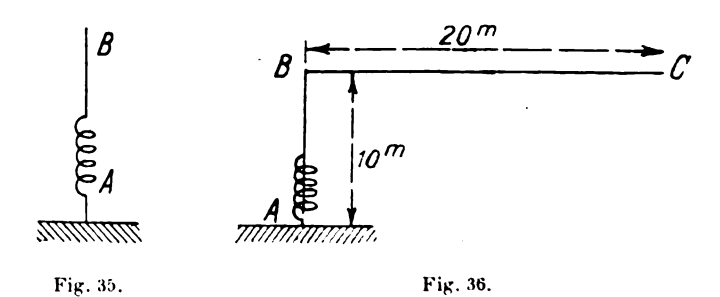


Fig. 35. Fig. 36.

AB; *en dehors de la question de résonance*, il y a peu d'avantages à trop augmenter BC; en redressant BC (fig. 35) par une rotation de 90° autour de B dans le sens de la flèche, CB'' vient dans le prolongement de A'B' et l'on peut calculer très facilement, connaissant les dimensions AB et BC, la différence (AA'— BB') diminution d'intensité dans la montée; on peut se contenter de donner *au maximum* à BC une valeur égale à 3 fois AB pour deux fils horizontaux. La valeur de *h* est ici sensiblement

égale à la valeur de la partie montante AB, le rectangle dont i a été question ci-dessus coïncidant approximativement avec le trapèze ABB′A′.

Si l'on supprime la partie horizontale BC (fig. 36), l'antenne(1) ne comporte plus qu'un fil vertical AB, et, d'après ce que nous avons vu, la hauteur effective n'est plus égale qu'à $\frac{AB}{2}$; l'alternateur de l'extrémité B, qui auparavant débitait dans la partie horizontale BC, a son débit coupé par la suppression de BC et cesse de travailler.

Application. — On ajoute à l'extrémité B de l'antenne de l'exercice précédent une nappe horizontale composée de deux fils de 20 mètres de long. Calculer la f.é.m. induite dans l'antenne par un champ de 0,4 microvolt centimètre ? La hauteur effective de l'antenne est sensiblement égale à 10 mètres et la f. é. m. induite est égale à : $0,4 \times 1.000 = 400$ microvolts, elle est sensiblement deux fois plus forte que sans la partie BC.

Remarque. — La f.é.m. induite dans une antenne de hauteur effective h^{cm} par un champ de E volts centimètre est égale au produit hE ; il y a donc avantage pour recevoir avec intensité un poste donné à augmenter h ; or la hauteur effective, d'après ce que nous avons vu, dépend des formes géométriques de l'antenne et de la façon dont la valeur efficace du courant varie le long de celle-ci ; pour une antenne déjà construite, nous avons vu que des changements dans les appareils d'accord font varier le mode de distribution et par suite la hauteur effective, donc la f.é.m. induite dans l'antenne.

Effet de l'inclinaison du champ électrique. — Nous avons jusqu'à présent supposé que le champ électrique était vertical ; ceci a bien lieu lorsque le sol est parfait conducteur ; mais, dans la plupart des cas, le champ électrique est incliné dans le sens indiqué par la figure 37, il induit par conséquent une certaine f.é.m. dans la partie BC d'une antenne en nappe.

---

(1) Lorsqu'on supprime AB, il faut augmenter la self pour conserver la résonance.

Aussi est-il convenable de disposer la descente d'antenne AB plus rapprochée du poste d'émission que le point C ; à un moment donné (fig. 38) les f.é.m. induites dans AB et BC concourent à produire un courant vers A ; dans la mauvaise disposition (1) (fig. 39), la f.é.m. induite dans BC tend à pousser l'électricité de B vers C, la f.é.m. dans AB tend à la pousser en sens inverse de B en A ; ces f.é m. s'opposent donc, ce qui n'est pas à rechercher.

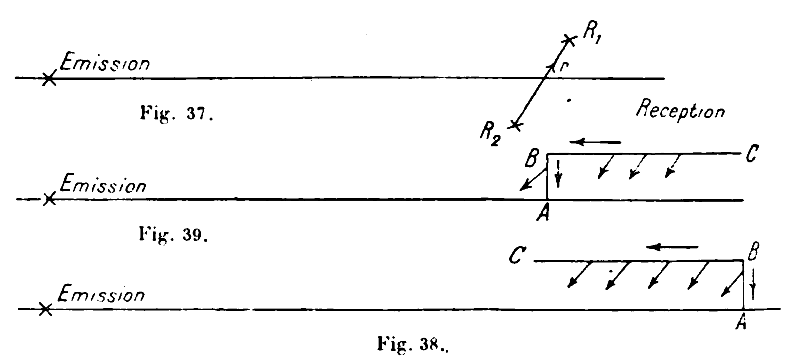


Fig. 37.

Fig. 39.

Fig. 38.

Nous ne tiendrons pas compte, dans les calculs simples donnés dans la suite, de cette inclinaison, variable avec de multiples facteurs et la plupart du temps méconnue ; aucune difficulté théorique ne se présenterait d'ailleurs à ce sujet si l'on voulait en tenir compte.

Longueur d'onde propre de l'antenne. — 1° La longueur d'onde propre d'une antenne dépend d'un grand nombre de facteurs et son évaluation exacte présente de multiples difficultés ; dans la pratique et dans le cas d'une antenne en nappe ABC (fig. 40) comportant une montée AB et un ou plusieurs fils horizontaux BC on peut admettre que la longueur d'onde propre a pour valeur de 4 à 5 fois la longueur d'un fil : si AB vaut 10 mètres et BC 20 mètres, l'antenne a une longueur d'onde voisine de $30 \times 4 = 120$ mètres ; pour obtenir la résonance avec un poste travaillant sur 450 mètres, il faut disposer

(1) BC dirigé vers le poste d'émission.

une self L que l'on peut calculer si l'on connaît *outre la longueur d'onde propre de l'antenne la capacité de celle-ci*; en ce qui concerne l'évaluation de la capacité, il vaut mieux s'en remettre à l'expérience (1); une mesure directe est préférable à

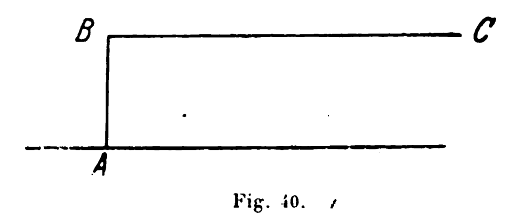


Fig. 40.

tout calcul. Considérons l'antenne en nappe de la figure 41; sa longueur d'onde propre est égale à 120 mètres et sa capacité à $\frac{3}{10.000}$ de microfarad; sa self propre possède une valeur x facile à calculer au moyen de la formule :

$$\lambda \text{ mètres} = 3 \times 10^8 \times T$$

$$T = 2\pi\sqrt{CL}$$

$$120 \text{ m.} = 3 \times 10^8 \times 2\pi\sqrt{\frac{3}{10^{10}}\,x}$$

$$x = 14 \text{ microhenrys.}$$

Pour établir la résonance sur 450 mètres au moyen d'une self à la base, il faut y disposer une self L telle que :

$$450 = 3 \times 10^8 \times 2\pi\sqrt{\frac{3}{10^{10}}(x + L)}$$

$$L = 177 \text{ microhenrys.}$$

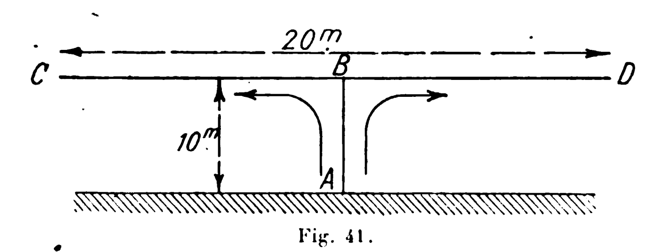


Fig. 41.

2° Si la descente AB est au milieu de la partie horizontale CD (fig. 41), le courant qui monte dans AB se divise en B dans les

(1) Voir dans la dernière partie : Mesure de la capacité d'une antenne.

deux parties BC et CD qui sont en parallèle ; la longueur d'onde propre de l'antenne a pour valeur (AB + BD) × 4, soit 80 mètres ; la capacité étant sensiblement la même que précédemment, soit $\frac{3}{10.000}$ de microfarad, la self propre de l'antenne possède une valeur x telle que :

$$80 = 3 \times 10^8 \times 2\pi \sqrt{\frac{3}{10^{10}} x}$$

$$x = 5{,}9 \text{ microhenrys}$$

et la self d'accord une valeur L telle que :

$$450 = 3 \times 10^8 \times 2\pi \sqrt{\frac{3}{10^{10}} (x + L)}$$

$$L = 185 \text{ microhenrys}.$$

3° Si la descente a lieu en un point B à 5 mètres par exemple de l'extrémité C (fig. 42) on peut à la rigueur adopter comme longueur d'onde propre 4 fois la longueur (AB + BD) soit 100 mètres ; avec une capacité de $\frac{3}{10.000}$ de microfarad, la self propre a une valeur x telle que :

$$100 = 3 \times 10^8 \times 2\pi \sqrt{\frac{3}{10^{10}} \times x}$$

$$x = 9 \text{ microhenrys}.$$

La self L d'accord sur 450 mètres peut être calculée :

$$450 = 3 \times 10^8 \times 2\pi \sqrt{\frac{3}{10^{10}} (x + L)}$$

$$L = 182 \text{ microhénrys}.$$

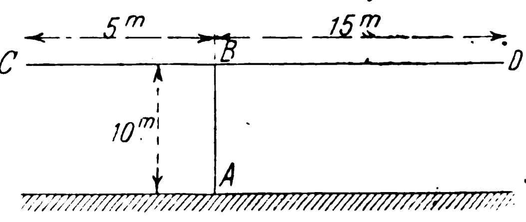


Fig. 42.

4° Dans le cas d'une antenne en V à brins égaux, de 20 mètres

chacun (fig. 43), on peut admettre une longueur d'onde égale à 4 fois la somme de la longueur AB et d'un brin horizontal, soit :

$$4\ (AB + BC) = 4 \times 30 = 120 \text{ mètres.}$$

Si la capacité de l'antenne est approximativement de $\frac{3}{10.000}$ de microfarad, sa self propre est égale à 14 microhenrys et sa self d'accord à 177 microhenrys (1).

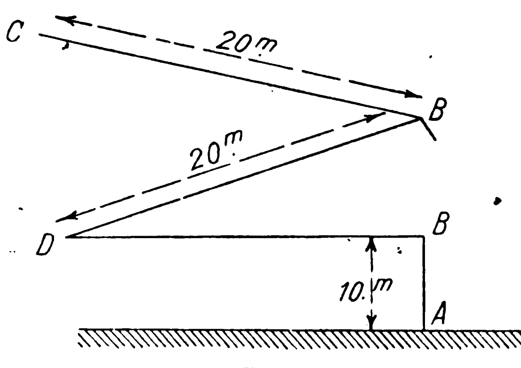


Fig. 43.

5° Dans le cas d'une antenne de forme quelconque, la longueur d'onde propre est au moins égale à la longueur du brin le plus long compris entre la prise de terre et l'extrémité isolée.

Si l'on utilise comme antenne et prise de terre une distribution d'électricité, une conduite de gaz, d'eau, des fils de sonnette, etc., il est impossible de connaître a priori *les caractéristiques de ce genre d'antenne : longueur d'onde propre et capacité ; il est par conséquent impossible de savoir* a priori *les valeurs de self à ajouter pour obtenir l'accord ; souvent même la longueur d'onde propre du système jouant le rôle d'antenne est supérieure à 450 mètres ; l'accord peut alors être réalisé parfois en ajoutant une capacité en série qui diminue la longueur d'onde ;* il n'y a absolument rien d'étonnant à ce que le même appareil de réception branché sur *diverses antennes demande des positions de*

(1) On peut remarquer qu'avec les diverses antennes indiquées, les selfs d'accord sur l'onde de 450 mètres ont sensiblement même valeur.

réglage entièrement différentes pour le même poste d'émission. Nous avons vu ci-dessus (paragraphe précédent) que les selfs à ajouter à la base de diverses antennes de forme différente pour s'accorder sur 450 mètres étaient différentes. D'un autre côté il se peut (fig. 44) que sur le système complexe constitué par exemple par une distribution d'électricité comme antenne d'une part, une distribution d'eau d'autre part comme prise de terre, la self d'accord se trouve en un nœud d'intensité; la self n'étant alors traversée par aucun courant, le téléphone ne donne absolument rien; il est donc impossible lorsqu'on adopte une distribution d'électricité ou autre système analogue comme antenne d'être sûr que tel appareil doit permettre de recevoir un poste donné, de même qu'il est impossible de savoir si tel vêtement déterminé est à la taille d'une personne de dimensions inconnues; il faut d'abord connaître ces dimensions avant de fabriquer le vêtement approprié, de même qu'il faut connaître les caractéristiques de l'antenne avant de construire l'appareil de réception approprié. Généralement cependant, en dimensionnant un peu fort l'appareil de réception et en le rendant susceptible d'être réglé dans une large mesure, on peut pallier à la non-connaissance des caractéristiques du système antenne.

Dans la 6e partie nous étudierons comment on peut *mesurer* les caractéristiques d'une antenne de forme quelconque. Nous reviendrons plus loin sur l'étude théorique de l'antenne et nous étudierons particulièrement le problème de l'utilisation de l'énergie captée par l'antenne réceptrice.

DE L'EMPLOI DES RÉCEPTEURS A GALÈNE

Lorsque le lieu de réception est situé à peu de distance de la station émettrice radiotéléphonique, on peut obtenir d'excellentes auditions *au casque*, en utilisant les postes à galène.

Les types les plus faciles à construire par l'armateur sont les deux types suivants :

1° montage Oudin,

2° emploi d'un variomètre.

* * *

Montage Oudin. — C'est le schéma le plus connu. Il se compose d'un auto-transformateur *T* dont une extrémité *a* est connecté à l'antenne *A*. Le primaire se compose : de l'antenne, de l'enroulement compris entre *a* jusqu'au plat *3* et de la terre (figure 1).

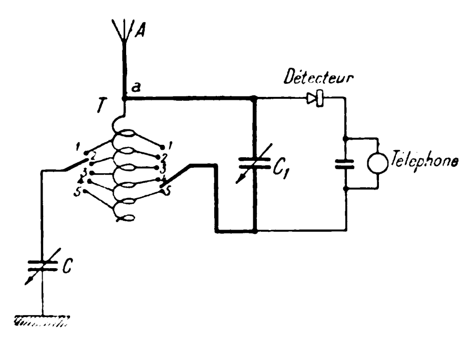


Fig. 1.

Le secondaire comprend l'enroulement compris entre *a* et *1*, le condensteur *C*, qui sert à accorder le circuit oscillant. Sur la figure, il est représenté en trait fort.

Ces deux enroulements — qui n'en font qu'un en réalité —

sont couplés entre eux d'une façon plus ou moins lâche suivant que l'on utilise un plus ou moins grand nombre de spires dans chaque enroulement. D'une façon générale, ce couplage est toujours serré.

En dérivation aux bornes de circuit oscillant se trouvent le détecteur et le téléphone. On les place en dérivation et non en série, c'est-à-dire dans le circuit oscillant, afin de ne pas augmenter la résistance de ce circuit, par suite de son amortissement.

Les seules manœuvres à faire sont : chercher un point sensible sur le cristal ; manœuvrer le commutateur du primaire et dès que l'on percevra l'émission, manœuvrer le commutateur secondaire. Le réglage sera terminé au moyen du condensateur C_1. Ce sont des opérations des plus simples à effectuer.

* * *

Emploi d'un variomètre. — La bobine Oudin est remplacée ici par un variomètre. Cet appareil se compose de deux bobines en série dont l'une est mobile et peut tourner à l'intérieur de l'autre. Par suite le coefficient de couplage peut varier depuis 0 jusqu'à une valeur maxima. De ceci résulte que la valeur de la self d'un tel système peut varier entre deux valeurs très différentes suivant que les flux propres des deux bobines s'ajoutent ou s'opposent.

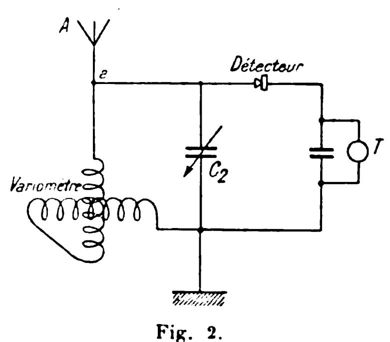


Fig. 2.

Comme la self varie, la longueur d'onde varie également. Aussi l'appareil servira pour accorder un poste récepteur. Comme l'in-

dique la figure 2, il suffira de relier l'antenne à une des bornes du variomètre, l'autre étant reliée à la terre.

Le condensateur C_2 servira à parfaire l'accord.

*
* *

De tels systèmes fonctionnent bien sur antenne. Dans Paris ils peuvent être branchés entre l'eau et le gaz quand ces canalisations procurent une réception convenable. Si l'on utilise le secteur électrique — *ce qui n'est pas conseillé par suite des dangers et accidents qui peuvent survenir*, — il sera indispensable d'intercaler au point *a* un condensateur à diélectrique mica d'une capacité de 1/1000 m f. Sur de petites antennes extérieures de quelques mètres, ces récepteurs procureront de bonnes auditions.

Pour augmenter la puissance de son, il sera indispensable de recourir aux amplificateurs basse fréquence qui seront disposé à la suite de ce montage.

LE CHAMP MAGNÉTIQUE

AU VOISINAGE D'UNE LIGNE TRIPHASÉE D'ÉNERGIE

Étude théorique

Par M. L. J. COLLET,

Ingénieur des Postes et Télégraphes.

Dans cette étude sont rappelées et discutées les formules qui permettent le calcul du champ magnétique produit par des courants triphasés en un point. Dans certains cas, il est possible de dessiner simplement les grandes lignes du champ magnétique, et d'examiner assez complètement l'action de ce champ magnétique sur des lignes téléphoniques ou télégraphiques voisines ; cette étude permet en tout cas de voir comment peut être menée une étude expérimentale plus complète du problème dans les cas complexes, sur lesquels la documentation actuelle est imprécise et insuffisante.

Le problème de la description du champ magnétique produit par une ligne d'énergie, se pose à l'origine de l'étude des actions électromagnétiques exercées par cette ligne, sur une ligne télégraphique ou téléphonique.

Pour traiter ce problème par le calcul, il suffit, lorsqu'on exclut le cas du voisinage d'un milieu magnétique, de connaître les intensités vectorielles et les répartitions spatiales des courants, seules quantités entrant dans l'expression de la valeur du champ.

Sans préjuger de la complexité plus ou moins grande des cas que l'on rencontre dans la pratique, on doit naturellement commencer l'étude par l'examen d'un cas schématique aux données simples qui d'ailleurs, nous aurons l'occasion de l'indiquer, constitue une représentation acceptable d'un très grand nombre

de situations réelles. La solution de ce problème schématique permettra d'ailleurs de passer à l'étude de conditions plus complexes.

Les données simplifiées que nous prendrons, seront les suivantes : la ligne triphasée est constituée par 3 ou 4 conducteurs rectilignes, parallèles, de longueur infinie, parcourus par des courants d'intensité efficace constante et de fréquence uniforme.

Dans ces conditions, nous allons, en premier lieu, étudier le champ en un point. Nous chercherons à voir ensuite dans quel cas et de quelle manière les formules établies peuvent être employées pour l'étude d'une situation réelle. Ensuite, nous nous attacherons à développer les calculs, de manière à obtenir une description générale du champ magnétique.

Notre préoccupation constante, au cours de cette étude, sera non d'obtenir des résultats d'une minutieuse précision, mais de nous rendre compte de l'allure et de l'ordre de grandeur des phénomènes qui se rencontrent dans les cas concrets, afin d'en tirer quelques conséquences d'ordre pratique.

I. *Étude du champ en un point.* — Considérons donc une ligne constituée par 3 (ou 4) conducteurs rectilignes, parallèles, indéfinis parcourus par des courants sinusoïdaux purs.

Désignons par A_1 A_2 A_3 A_4, les traces des 4 conducteurs dans un plan normal et par I_1 I_2 I_3 I_4, les intensités efficaces des courants dans ces conducteurs.

A un point M du champ, correspondront d_1 d_2 d_3 d_4, distances de M à A_1 A_2 A_3 A_4.

Soient φ_1 φ_2 φ_3 φ_4 les déphasages des courants, relativement à une origine (arbitraire d'ailleurs) des phases.

Entre les φ et les I existe la relation vectorielle :

$$\sum_{K=1}^{4} I_K \, e^{i\varphi_K} = 0.$$

En particulier, s'il n'existe pas de conducteur de retour, et si les courants ne se dérivent pas par la terre (réseau d'utilisa-

tion monté en triangle, ou en étoile avec un point neutre isolé,

$$I_4 = 0.$$

$$\sum_{K=1}^{3} I_K \; e^{i\varphi_K} = 0.$$

Cette relation détermine (à une constante additive près), les φ connaissant les I.

Au point M, le champ dû au courant I_K, est un vecteur alternatif perpendiculaire à la direction M A_K, et de valeur efficace :

$$\mathcal{H}_{eff} = 0{,}2 \frac{d_K}{I_K}.$$

$\mathcal{H}$ étant exprimé en gauss efficaces ;

I_K — ampères efficaces ;
d_K — centimètres.

Le champ résultant de la superposition des champs magnétiques produits par les 4 courants, est à chaque instant la somme géométrique (dans le plan normal aux fils), des vecteurs instantanés $\mathcal{H}_K$.

Soit Ma, une direction arbitraire fixe, prise dans le plan normal aux fils (plan de la figure 1).

Soient $\left(\frac{\pi}{2} - \alpha_K\right)$, les angles des directions M A_K, avec Ma.

Considérons d'autre part une direction Mx, répérée par son

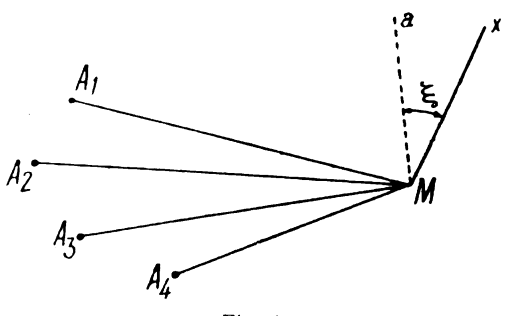


Fig. 1.

angle ξ avec M a, exprimons la composante instantanée, suivant M x, du champ magnétique total. Ce sera :

$$\mathcal{H}_{Mx} = 0{,}2 \sum_{K=1}^{4} \frac{\sqrt{2}\,I_K}{d_K} \sin(\omega t - \varphi_K) \cos(\xi - \alpha_K),$$

vecteur alternatif, de valeur efficace.

$$\mathcal{H}_{Mx}^{eff} = 0{,}2 \sum_{K=1}^{4} \frac{I_K}{d_K} \cos(\xi - \alpha_K)\, e^{i\varphi_K}.$$

Posons $\cos\alpha_K = m_K$ $\sin\alpha_K = n_K$;
il vient :

$$\mathcal{H}_{Mx}^{eff} = 0{,}2 \sum_{K=1}^{4} \frac{I_K}{d_K} (m_K \cos\xi + n_K \sin\xi)\, e^{i\varphi_K}.$$

Cette formule est susceptible d'une interprétation géométrique simple.

Construisons, dans le plan du diagramme des phases, les vecteurs :

$$\mathcal{A}\, e^{i\varphi_A} = 0{,}2 \sum \frac{I_K}{d_K} m_K\, e^{i\varphi_K}.$$

$$\mathcal{B}\, e^{i\varphi_B} = 0{,}2 \sum \frac{I_K}{d_K} n_K\, e^{i\varphi_K}.$$

La formule vectorielle :

$$\mathcal{H}_{Mx}^{eff} = A\, e^{i\varphi_A} \cos\xi + B\, e^{i\varphi_B} \sin\xi,$$

montre que $\mathcal{H}_{Mx}^{eff}$ est le rayon vecteur d'une ellipse, dont les vecteurs $\mathcal{A}\, e^{i\varphi_A}$ et $\mathcal{B}\, e^{i\varphi_B}$ sont les demi-diamètres conjugués.

Cette ellipse peut être construite au moyen de ces données. On peut, soit par le calcul, soit par une construction géométrique simple, en déterminer les diamètres principaux. Ceux-ci représentent le maximum et le minimum de $\mathcal{H}^{eff}$ au point M. Les directions pour lesquelles sont obtenues ces valeurs se déduisent facilement du graphique des $\mathcal{H}$: les composantes suivant $\mathcal{A}$ et $\mathcal{B}$ du maximum (ou minimum) de $\mathcal{H}$ étant justement $\mathcal{A}\cos\xi_m$ et $\mathcal{B}\cos\xi_m$.

Nous pouvons tirer de là l'équation de la courbe représentative de la variation de $\mathcal{H}^{\text{eff}}_{Mx}$ suivant les différentes directions.

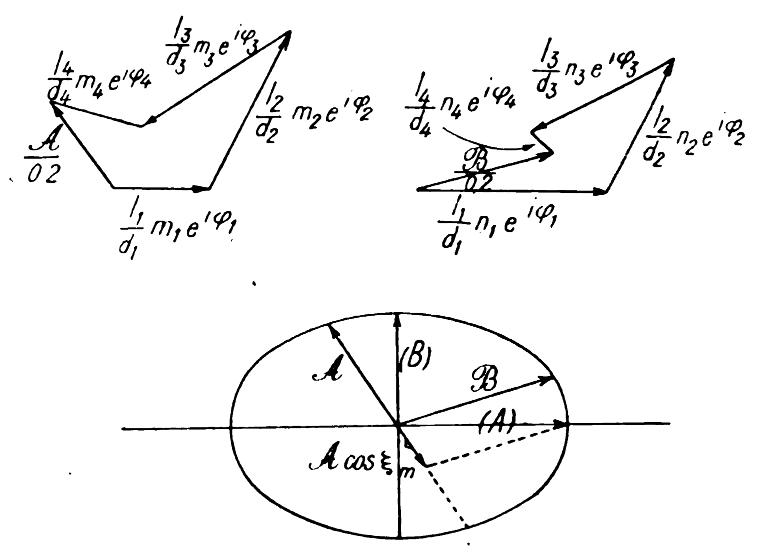


Fig. 2. — Diagramme des phases.

Supposons M a choisi de telle sorte que $\mathcal{A}$ et $\mathcal{B}$ soient rectangulaires (nous venons justement de déterminer quelle est la direction convenable). Soient alors (A) et (B) les modules de $\mathcal{A}$ et $\mathcal{B}$ (ils se lisent sur la figure précédente).

La relation géométrique :

$$\mathcal{H}^{\text{eff}} = \mathcal{A}\, e^{i\varphi_A} \cos\xi + \mathcal{B}\, e^{i\varphi_B} \sin\xi \qquad \text{avec } \varphi_B = \varphi_A \pm \frac{\pi}{2},$$

nous donne alors la relation algébrique :

$$\mathcal{H}^{2\,\text{eff}}_{Mx} = (A)^2\, A^2 \cos^2\xi + (B)^2\, B^2 \sin^2\xi,$$

équation, en coordonnées polaires, d'une quartique bicirculaire, facile à construire.

Lorsque B = A (auquel cas $\mathcal{A} = \mathcal{B}$, quelle que soit M a, cette quartique se réduit à un cercle.

Lorsque B = 0, elle se réduit à 2 cercles tangents entre eux à l'origine, et de diamètre (dirigé suivant A), égal à A. Lorsque B est un peu différent de A, la courbe a l'allure d'une

ovale. Lorsqu'un des diamètres devient très grand vis-à-vis de l'autre paraissent des inflexions (fig. 3).

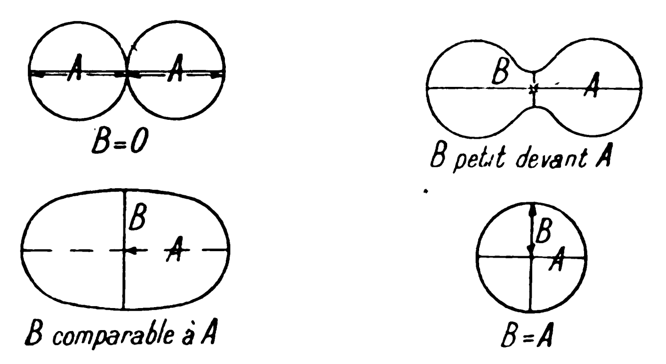
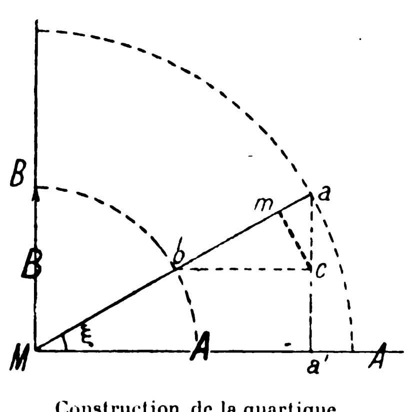


Fig. 3.
Plan normal aux fils.



Construction de la quartique.

$AMa = \xi$.

$Ma' = A \cos \xi$ $\qquad$ $M_c = H$

$ac' = B \sin \xi$ $\qquad$ $M_m = H$

Champ instantané. — Nous avons étudié jusqu'à présent, la variation, suivant les différentes orientations, de la valeur efficace de la projection du champ sur une direction donnée ; c'est cette quantité qui intervient dans le calcul des flux. Nous pouvons compléter la description du champ en un point M, en étudiant les valeurs instantanées du vecteur $\mathscr{H}$ pendant une période.

Prenons comme direction de référence, la direction M a_m, correspondant au maximum de $\mathcal{A}$.

La composante instantanée de $\mathcal{H}$ suivant cette direction est:

$$\mathcal{H}_a = \sqrt{2}\ \mathcal{A} \sin \omega t,$$

en prenant pour origine des phases, celle de A.

Remarquons que la composante instantanée de $\mathcal{H}$ suivant la direction perpendiculaire à M a est justement $\mathcal{B}$ et que la différence de phases entre $\mathcal{A}$ et $\mathcal{B}$ est $\frac{\pi}{2}$.

Ainsi : $$\mathcal{H}_b = \sqrt{2}\ \mathcal{B} \cos \omega t.$$

Ainsi, pendant une période, l'extrémité du vecteur $\mathcal{H}$ décrit une ellipse dont les grands axes dirigés suivant les directions pour lesquelles la composante efficace du champ est maxima ou minima. La vitesse angulaire de $\mathcal{H}$ est égale à la pulsation du courant.

Direction du champ maximum. — Nous avons indiqué comment peut se déterminer graphiquement, la direction du champ maximum d'un point donné, connaissant les vecteurs $\mathcal{A}$ et $\mathcal{B}$ relatifs à une direction arbitraire M a (ou, ce qui revient au même, les vecteurs $\mathcal{A}$ relatifs à deux directions rectangulaires).

La direction ξ_m de $\mathcal{H}^{eff}$ maximum ou minimum, s'obtient en annulant la dérivée par rapport à ξ, de l'expression du module de $\mathcal{H}_{Mx}$. On trouve alors :

$$\operatorname{tg} 2\xi = \frac{\mathcal{A}\ \mathcal{B} \cos \psi}{\mathcal{A}^2 - \mathcal{B}^2},$$

A et B étant les modules des vecteurs du même nom, ψ leur angle sur le diagramme des phases.

Cette équation montre que si, un des vecteurs A ou B est grand vis-à-vis de l'autre, ξ est petit, ou peu différent de $\frac{\pi}{2}$, suivant le cas. La direction de $\mathcal{H}_{max}$ diffère peu de M_A si A est grand (ou de la direction normale, si B est grand).

On se trouve dans ces conditions lorsque le module d'une des

quantités $\left(\frac{I_K}{d_K}\right)$ l'emporte très nettement sur la somme des autres, et que l'on prend pour direction M a, la normale à la droite M A_K (Alors B est très petit et A diffère peu de $\left(\frac{I_K}{d_K}\right)$.

Ce cas excepté (et aussi le cas évident d'un armement plan et d'un point dans le plan des fils), il est à peu près impossible de se rendre compte, *a priori*, de la direction du champ maximum, à la seule vue des données du problème.

II. *Conditions d'application des résultats précédents.* — Nous allons chercher à nous rendre compte des conditions dans lesquelles on peut admettre que les résultats que nous venons d'obtenir sont applicables à l'étude d'une situation réelle.

Les premières hypothèses faites ont été celles de conducteurs rectilignes parallèles de longueur infinie.

En fait, les fils des lignes d'énergie affectent habituellement la forme d'arcs successifs de courbe à allure parabolique. Les lignes présentent parfois des changements de direction : elles ont évidemment des extrémités.

D'un autre côté, nous ignorons quelle peut être la répartition des courants de retour par la terre.

Excluons ce cas de courants de retour par la terre, et limitons-nous à celui d'une ligne aérienne complètement isolée du sol.

L'expérience bien connue, dite des contours sinueux, nous enseigne qu'à quelque distance de la ligne, le champ diffère peu de celui d'une ligne dont les conducteurs seraient rectilignes. D'un autre côté, nous savons que la formule

$$\mathcal{H}_{\text{eff}} = 0{,}2\,\frac{I_K}{d_K}$$

du champ exercé par un conducteur rectiligne indéfini peut être considérée comme résultant de l'intégration des champs élémentaires dus aux éléments de conducteurs.

A partir de cette loi élémentaire, on pourrait constater que le champ d'un conducteur rectiligne de longueur finie l diffère de moins de 10 °/₀ de celui d'un conducteur indéfini, en tout point

tel que $d_K < \frac{l}{4}$, et de moins de 1 %, en tout point tel que $d_K < \frac{l}{15}$. On peut donc dire que les discontinuités de la ligne (arrêt, changements de direction, etc.) n'exercent aucune influence sensible en un point du champ, si elles sont en dehors d'un cercle ayant ce point pour centre, et dont le rayon serait 7 ou 8 fois la distance de ce point à la ligne.

Dans la pratique, le seul intérêt qui pourrait présenter cette considération serait de délimiter la région dans laquelle pourrait se faire expérimentalement l'exploration du champ magnétique d'une ligne. Dans les applications ordinaires, on ne considérera que les effets d'induction magnétique sur d'assez longs circuits : l'existence de quelques points singuliers ne changera généralement pas l'allure générale des phénomènes que l'on pourrait calculer en partant des données précédentes.

Une seconde hypothèse faite est celle de courants sinusoïdaux purs.

Cette hypothèse est licite puisque l'analyse harmonique permet de réduire toute fonction périodique à la somme de fonctions sinusoïdales, et que, d'autre part, le champ magnétique est additif.

Il n'y aurait donc, dans le cas le plus général, aucune difficulté à appliquer les résultats précédents au cas de courants quelconques.

Nous voulons cependant attirer l'attention sur un point important.

Le champ magnétique se manifeste par l'induction de tensions dans les circuits. Or ces tensions induites sont proportionnelles aux pulsations des courants inducteurs, c'est-à-dire, à l'ordre des harmoniques, et à ce que nous avons appelé les champs efficaces, suivant la direction normale au circuit.

D'un autre côté, remarquons que les intensités des courants dans les phases figurent dans l'expression des champs efficaces, d'une manière telle que l'on n'est pas assuré que des petites valeurs des intensités donnent un champ moindre que celui qui aurait lieu dans le cas de valeurs d'intensité plus grandes.

On n'est donc pas assuré, *a priori*, que les effets magnétiques des harmoniques de courant sont moindres que ceux du courant de fréquence fondamentale, alors même que les intensités efficaces des harmoniques sont petites.

III. *Description du champ magnétique.* — On ne saurait donner une description générale du champ magnétique d'une ligne triphasée, dans la région voisine des conducteurs, alors que tous les facteurs entrant dans l'expression du champ sont du même ordre de grandeur pour toutes les phases, et peuvent prendre pourtant une diversité infinie de valeurs. Alors, dans chacune des conditions que l'on peut imaginer, le champ a sa physionomie particulière.

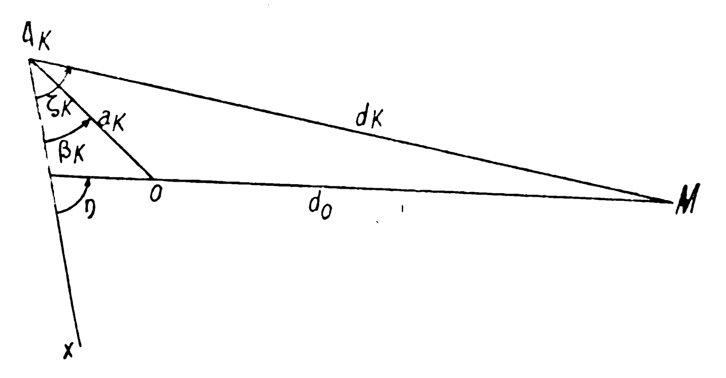
Nous limiterons notre étude à la région où la distance à la ligne est grande par rapport aux distances des conducteurs entre eux. Cette région est pratiquement la plus intéressante à considérer, puisque c'est celle où se trouvent habituellement les lignes télégraphiques et téléphoniques.

Conservons aux lettres A, d, I et φ la signification que nous leur avons donnée.

Choisissons à l'intérieur du polygone d'armement, un point 0, arbitraire d'ailleurs (qui pourra être la trace d'un des conducteurs A).

Désignons par a_K, la distance à O, du point A_K.

Considérons maintenant une direction x, et proposons-nous,



en premier lieu, de déterminer la composante efficace $\mathcal{X}$, suivant la direction x, du champ en un point donné M.

Définissons enfin ce point M (auxquels correspondent encore les distances d_K), par sa distance d_0 au point O, et par l'angle η que fait O M, avec la direction x.

La direction x, de son côté, est définie par les angles β_K. que font avec elle les droites A_K O.

Soit enfin ζ_K, l'angle que fait A_K M, avec la direction x.

La composante $\mathscr{X}$ est la somme géométrique, dans le plan des phases, de termes dont nous allons calculer l'expression générale.

Au facteur 0,2 $ei\varphi_K$ près, la composante $\mathscr{X}$, due au courant I_K, est égale à :

$$I_K \frac{\sin \zeta_K}{d_K}$$

$$\text{Or } \sin \zeta_K = \frac{Ma_K \sin \eta}{d_K}$$

D'autre part :

$$Ma_K = d_0 + oa = d_0 + a_K \frac{\sin \beta_K}{\sin \eta},$$

de telle sorte que :

$$\frac{\sin \zeta_K}{d_K} = \frac{d_0}{d^2_K} \sin \eta + \frac{a_K}{d^2_K} \sin \beta_K$$

Or :

$$d^2_K = d^2_0 \left[1 + 2 \frac{a_K}{d_0} \cos(\eta - \beta_K) + \left(\frac{a_K}{d_0}\right)^2 \right].$$

Et, au troisième ordre près, en $\frac{1}{d_0}$,

$$\frac{1}{d^2_K} = \Big[1 - 2\left(\frac{a_K}{d_0}\right) \cos\left(\eta - \beta_K\right)$$
$$- \left(\frac{a_K}{d_0}\right)^2 \left(1 - 4 \cos^2 (\eta \; \beta_K)\right) + \dots \Big]$$

Ainsi, à $\frac{a^3_K}{d^4_0}$ près,

$$\frac{\sin \zeta_K}{d_K} = \left[1 - \left(\frac{a^K}{d_0}\right)^2\right] \frac{\sin \eta}{d_0}$$
$$- \frac{a_K}{d^2_0} \left[2 \sin \eta \cos(\eta - \beta_K) - \sin \beta_K \right] \left[1 - 2 \frac{a_K}{d_0} \cos(\eta - \beta \right]$$

ou

$$\frac{\sin \zeta_K}{d_K} = \left[1 - \left(\frac{a_K}{d_0}\right)^2\right] \frac{\sin \eta}{d_0}$$

$$- \frac{a_K}{d^2_0} \left[\sin (2\,\eta - \beta_K)\right] \left[1 - 2\,\frac{a_K}{d_0} \cos (\eta - \beta_K)\right].$$

Passons à l'expression de $\mathscr{A}$

$$\frac{\mathscr{A}}{0,2} = \frac{\sin \eta}{d_0} \sum I_K\, e^{i\varphi_K} \left[1 - \left(\frac{a_K}{d_0}\right)^2\right]$$

$$- \sum I_K e^{i\varphi_K} a_K \sin (2\,\eta - \beta_K)\ (1 - \mu_K).$$

$$\text{en posant } \mu_K = 2\,\frac{a_K}{d_0} \cos (\eta - \beta_K)$$

Si nous nous plaçons donc à une distance d_0 de la ligne, suffisamment grande pour que les termes en $\left(\frac{a_K}{d_0}\right)^2$ soient négligeables devant les termes en $\frac{a_K}{d_0}$, on a, avec une erreur de l'ordre de :

$$\frac{1}{d^2_0} \sum_\lambda I_K\, e^{i\varphi_K}\, a_K \left(\frac{a_K}{d_0}\right) \cdot \sin (3\,\eta - 2\,\beta_K)$$

$$\frac{\mathscr{A}}{0,2} = \frac{\sin \eta}{d_0} \sum_\lambda I_K e^{i\varphi_K} - \frac{1}{d^2_0} \sum_\lambda I_K\, a_K \sin (2\,\eta - \beta_K) e^{i\varphi_K}$$

Si donc, nous nous limitons au cas d'une ligne bien isolée, sans retour du courant par le sol, et pour laquelle : $\sum I_K e^{i\varphi_K} = 0$, nous voyons qu'il reste pour $\mathscr{A}$:

$$\mathscr{A} = - \frac{0,2}{d^2_0} \cdot \sum I_K\, a_K \sin (2\,\eta - \beta_K) e^{i\varphi_K}$$

Ceci étant, remarquons que pour calculer la composante efficace $\mathscr{B}$, suivant une direction y, normale à x, du champ au même point M, il suffit de changer à la fois, les angles

$$\eta,\ \zeta_K \text{ et } \beta_K \text{ en } \left(\frac{\pi}{2} - \eta\right);\ \left(\frac{\pi}{2} - \zeta_K\right),\ \left(\frac{\pi}{2}\,\beta_K\right),$$

On a donc :

$$\mathscr{B} = - \frac{a^2}{d^2_0} \sum I_K\, a_K \cos (2\,\eta - \beta_K) e^{i\varphi K}$$

Nous savons d'autre part que le champ efficace, comme le champ instantané, sont parfaitement déterminés, par $\mathcal{A}$ et $\mathcal{B}$. Ainsi donc, à lointaine distance de la ligne,

1° Dans une direction donnée, issue d'un point du polygone d'armement, le champ varie proportionnellement à l'inverse du carré de la distance à la ligne.

2° Si on multiplie les distances entre fils par un même facteur (de manière à conserver le polygone d'armement semblable à lui-même), le champ en un point se trouve multiplié par ce facteur.

Cette remarque n'a rien de bien nouveau. On la tire généralement du principe, bien connu, de l'égalité des flux que s'envoient l'un dans l'autre deux circuits. Elle mérite pourtant de fixer un instant notre attention.

Lorsque l'on doit transporter une certaine puissance W d'un point à un autre, on peut choisir entre des limites larges la tension de distribution U, et l'intensité du courant transporté est sensiblement reliée à cette tension par une relation : $I = K \frac{W}{U}$.

Des considérations (étrangères d'ailleurs au sujet que nous étudions) amènent à rechercher les valeurs les plus grandes possibles, de U, c'est-à-dire les plus faibles possibles de I.

Cependant, l'accroissement de U entraîne pratiquement la nécessité d'écarter davantage les fils.

Qu'en résulte-t-il, pour ce qui concerne le champ magnétique? Cela dépend évidemment de la manière dont on fait croître les distances d'armement en fonction des tensions de transport. Si ces distances étaient prises proportionnelles aux tensions, le champ magnétique (à distance suffisamment grande) ne serait pas modifié. C'est à peu près le cas des lignes à tension élevée (supérieure à 20.000 volts par exemple).

Ainsi, pour les distributions d'énergie à haute tension, l'ordre de grandeur du champ magnétique, à une distance donnée de la ligne, est déterminé par le chiffre de la puissance transportée et la forme de l'armement.

Au contraire, pour les distributions à tension moyenne, alors

que la distance d'armement croît en général moins vite que la tension, les distributions à faible tension sont celles qui donnent le champ magnétique le plus élevé, à égalité de la puissance transportée.

3° Nous allons pouvoir faire la description complète du champ magnétique, à distance lointaine de la ligne, dans le cas le plus général, en nous appuyant sur la remarque suivante.

Etant donnés deux points M et M′ (équidistants de la ligne), dont la distance angulaire par rapport à la ligne est δ, la composante suivant une direction x du champ en M, est égale à la composante du champ en M′, suivant une direction x' telle que sa distance angulaire avec la direction x est $2\,\delta$.

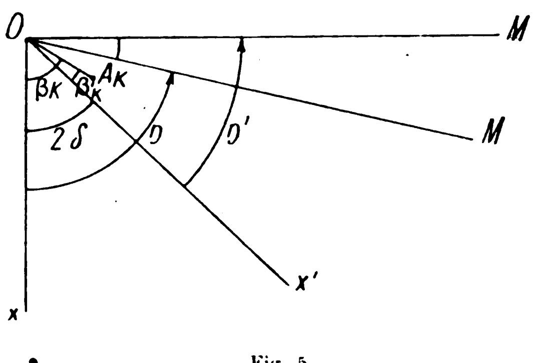


Fig. 5.

En effet, soient η' et β'_k les valeurs des angles correspondant à η et β_k, dans le calcul du champ en M′, suivant la direction x'.

$$\text{On a : } \beta'_K = \beta_K - 2\,\delta$$

$$\eta' = \eta + \delta - 2\,\delta = \eta - \delta$$

$$2\,\eta' - \beta'_K = 2\,\eta - 2\,\delta - \beta_K + 2\,\delta = 2\,\eta - \beta_K$$

$$\text{Ainsi : } \mathscr{A}_{M.x} = \mathscr{A}_{M'.x'}$$

$$\mathscr{B}_{M.x} = \mathscr{B}_{M'.x'}$$

en module et en phase...

(Remarque. — Est-il utile d'observer que cette propriété est absolument indépendante du nombre de phases, de la distribution ?..)

De là résulte immédiatement que pour les points éloignés, équidistants de la ligne':

a) Le champ instantané est partout le même : l'extrémité de ce vecteur décrit des ellipses égales, passe au même moment à son maximum ou son minimum.

b) La courbe de répartition du champ efficace suivant les différentes directions (que nous avons vue être une quartique) est la même en tout point, mais son orientation par rapport à une direction fixe de l'espace, ou par rapport à la direction de l'armement, varie d'un point à un autre.

c) Quand on passe d'un point à un autre, chacune des courbes précédentes, ainsi le vecteur champ instantané, s'obtiennent dans la position nouvelle, par une translation, suivie d'une rotation d'un angle égal à $2\,\delta$, δ étant la distance angulaire des points considérés.

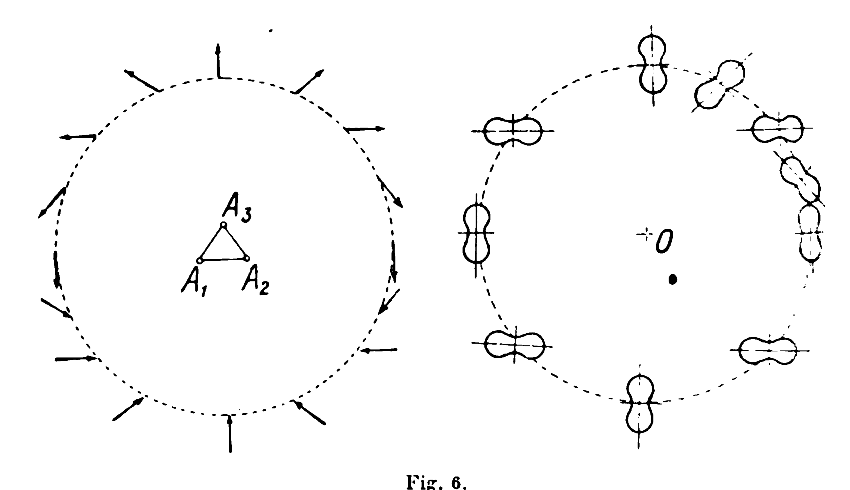


Fig. 6.

Vecteur H instantané à un moment donné.
Courbes des champs efficaces suivant les différentes directions

Il reste alors à déterminer les éléments qui permettent de définir le champ en un point quelconque.

On peut, pour ce calcul, procéder de la manière indiquée dans la première partie de l'étude, mais pour simplifier, on confond le point O avec un des sommets du triangle (A_3 par exemple), et

on détermine les vecteur $\mathscr{A}$ et $\mathscr{B}$, relatifs à la direction Ma_3, elle-même.

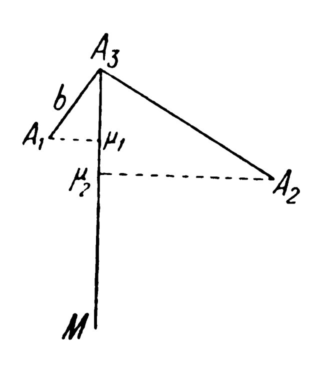


Fig. 7.

Si μ_1 et μ_2 sont les pieds des perpendiculaires abaissées de A et A_2 sur A_3 M,

$$\mathscr{A} = - \frac{0,2}{\overline{MA}_3^2} \left[I_1 \cdot \overline{A_1 \mu_1} e^{i\varphi_1} + I_2 \cdot \overline{A_2 \mu_2} e^{i\varphi_2} \right]$$

$$\mathscr{B} = - \frac{0,2}{\overline{MA}_3^2} \left[I_1 \overline{A_3 \mu_1} e^{i\varphi_1} + I_2 \cdot \overline{A_3 \mu_2} e^{i\varphi_2} \right]$$

La détermination graphique de $\mathscr{A}$, $\mathscr{B}$ et de leur décalage définit complètement le champ en M.

Si on veut procéder par le calcul, on aura intérêt à chercher d'abord pour quelle direction A_3 M, les vecteurs $\mathscr{A}$ et $\mathscr{B}$ sont en quadrature, et à déterminer leur valeur dans ces conditions. On obtient ainsi les grands et petits axes de l'ellipse ou de la quartique définies précédemment.

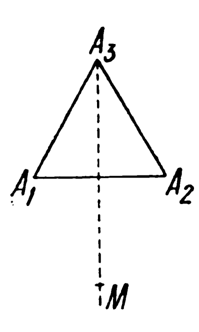
Nous n'entreprendrons pas cette étude dans le cas général. Pourtant, nous mentionnerons une propriété assez curieuse :

Dans le cas (d'ailleurs, plus théorique que pratique) où le triangle des phases et le triangle d'armement sont semblables, c'est-à-dire lorsque $\frac{I_1}{a} = \frac{I_2}{b} = \frac{I_3}{c}$, les vecteurs $\mathscr{A}$ et $\mathscr{B}$ sont toujours égaux et en quadrature : le champ est un champ tournant circulaire (on s'en rend aisément compte, en cherchant ce que sont ces vecteurs suivant la bissectrice de l'angle A_3).

Nous allons limiter notre étude à quelques cas particuliers particulièrement simples et d'ailleurs les plus souvent rencontrés dans la pratique.

1° *Armement en triangle équilatéral. Phases équilibrées.* — La proposition précédente montre que le champ est un champ tournant circulaire.

D'ailleurs, si en prenant comme point O de référence, un sommet du triangle d'armement, A_3, par exemple, on cherche les composantes $\mathcal{A}$ et $\mathcal{B}$, pour un point de la bissectrice de l'angle A_3, on a :



$$a_3 = 0$$
$$a_1 = a_2 = a$$
$$\beta_1 = -\beta_2 = \frac{\pi}{6},$$
$$a_1 \cos \beta_1 = h,$$
$$a_2 \cos \beta_2 = h,$$
$$a_1 \sin \beta_1 = \frac{a}{2},$$
$$a_2 \sin \beta_2 = -\frac{a}{2}$$

Fig. 8.

En reportant ces valeurs sur le diagramme des phases, on constate que $\mathcal{A}$ et $\mathcal{B}$ sont bien en quadrature, et que :

$$(\mathcal{A}) = (\mathcal{B}) = \frac{a\sqrt{3}}{2} I = h I$$

h représentant la hauteur du triangle d'armement.

2° *Armement en triangle isocèle. Phases équilibrées.* — Même marche du calcul.

$$a_3 = 0$$
$$a_1 = a_2 = a = b$$
$$\beta_1 = -\beta_2 = \frac{A}{2}$$
$$a_1 \cos \beta_1 = h \qquad a_1 \sin \beta_1 = \frac{G}{2}$$
$$a_2 \cos \beta_2 = h \qquad a_2 \sin \beta_2 = -\frac{G}{2}$$

Pour un point de la bissectrice de l'angle A_3, les vecteurs $\mathcal{A}$ et $\mathcal{B}$ sont bien en quadrature, ce qui montre que cette direction est alors celle d'un des axes de l'ellipse ou de la quartique :

$$(\mathcal{A}) = I_c \frac{\sqrt{3}}{2}$$
$$(\mathcal{B}) = I h$$

Suivant les valeurs relatives de c et de h, la direction $A_3 z$ est, pour le champ en M, celle du maximum ou du minimum. Dans la première partie de l'étude, nous avons vu quelles étaient les formes possibles de la quartique du champ efficace, suivant les

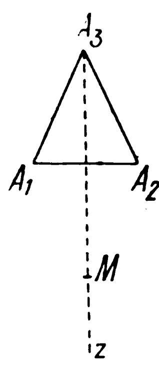


Fig. 10.

valeurs relatives de $\mathscr{A}$ et $\mathscr{B}$, c'est-à-dire, ici, de c et de h.

Un cas assez intéressant dans la pratique est celui où le triangle $A_1 A_3 A_2$ est isocèle et rectangle. Alors $h = \frac{c}{2}$.

Comme cas limite de celui du triangle isocèle, on peut considérer le suivant :

3° *Armement en nappe plane. Phases équilibrées.* — Par simple application des formules précédentes, on voit que le champ est un vecteur alternatif de valeur efficace : $0{,}2\,\mathrm{I}\,a\,\sqrt{3}$ qui, pour un point du plan de la nappe, ou de la direction normale à la nappe, est dirigé suivant la perpendiculaire au plan de celle-ci.

4° *Armement en triangle quelconque. Phases équilibrées.* — Soit A′ le pied de la hauteur issue de A_3 sur le côté $A_1 A_2$.

Désignons par a' et b' les projections de a et b sur c, et par h, la hauteur $A_3 A'$.

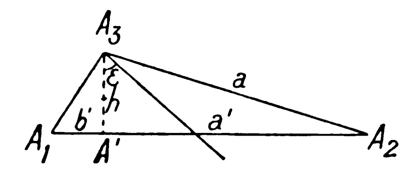


Fig. 11.

En exprimant que $\mathcal{A}$ et $\mathcal{B}$ doivent être en quadrature, on trouve que le champ suivant MA_3 est maximum ou minimum pour la valeur de ε, telle que :

$$tg\ 2\ \varepsilon = \frac{h\,(b' - a')}{c^2 - h^2 - a'\,b'}$$

(ε étant l'angle de MA_3 avec la normale au côté $A_1\ A_2$).

L'expression de A suivant une direction quelconque, est :

$$\mathcal{H}_{MA_3} = \sqrt{(b' \cos \varepsilon + h \sin \varepsilon)^2 + (h \sin \varepsilon - a' \cos \varepsilon)^2 - (b' \cos \varepsilon + h \sin \varepsilon)(h \sin \varepsilon - a' \cos \varepsilon)}$$

$$\mathcal{H} = \sqrt{\frac{1}{2}\left[(h^2 + c^2 - a'\,b') + h\,(b' - a') \sin 2\,\varepsilon - (h^2 - c^2 + a'\,b') \cos 2\,\varepsilon\right]}$$

dont le maximum et le minimum sont donnés par :

$$\mathcal{H} = \sqrt{\frac{1}{2}\left[h^2 + c^2 - a'\,b' \pm \sqrt{h^2\,(b' - a')^2 + (h^2 - c^2 + a'\,b')^2}\right]}$$

ou bien :

$$\mathcal{H} = \sqrt{\frac{1}{2}\left[h^2 + c^2 - a'\,b' \pm \sqrt{(h^2 + c^2 - a'\,b')^2 - 3\,h^2\,c^2}\right]}$$

L'intérêt de cette expression est de montrer que, pour h et c constants, la valeur du maximum de $\mathcal{H}$ a la plus petite valeur possible, lorsque $(a'\,b')$ est maximum, c'est-à-dire quand $a' = b'$; $a = b$; quand le triangle est isocèle.

Au fur et à mesure que la forme du triangle d'armement s'écarte de la forme du triangle isocèle, de la même base et même hauteur, le champ maximum va en s'accroissant.

Cette remarque faite, une fois pour toutes, permet de se faire une représentation assez exacte du champ (produit par des phases également chargées), quand le triangle d'armement est quelconque, par simple comparaison avec le champ, facilement calculable, obtenu dans le cas des armements isocèles, ayant en commun avec l'armement considéré, un côté et une hauteur.

Comparaison des différentes formes de l'armement. — Il est

assez intéressant de comparer entre elles dans le cas d'un équilibre des phases les différentes formes du triangle d'armement, en admettant que les considérations énoncées plus haut, imposent le minimum de la distance possible entre deux fils quelconques.

Dans ces conditions, on voit en premier lieu que le champ maximum produit par un armement en triangle scalène est toujours supérieur à celui d'un triangle isocèle convenablement choisi.

Comparons le triangle isocèle au triangle équilatéral :

Si a est le plus petit côté de l'armement, on voit que le champ maximum dû au triangle isocèle est toujours supérieur à $\frac{0,2}{d^2}$ Ia $\frac{\sqrt{3}}{2}$, valeur du champ pour un armement équilatéral de côté a.

Un armement en nappe plane produit un champ de valeur double de la précédente.

Cependant, un caractère de l'armement en nappe plane est que l'on peut disposer dans son champ un ensemble de circuits plans, de telle manière que chacun d'eux ne soit traversé par aucun flux. Cette propriété subsisterait même dans le cas d'un déséquilibre des phases.

Cas de phases déséquilibrées. — Nous voudrions examiner sommairement le cas de phases déséquilibrées ($I_1 \neq I_2 \neq I_3$), en continuant toutefois de supposer que la ligne est isolée.

Dans le cas considéré, les formules indiquées plus haut deviennent assez difficiles à discuter, en raison du nombre de variables qui interviennent.

La direction du champ maximum en un point, ainsi que son intensité varient en même temps que les valeurs des intensités dans les phases. Le calcul du maximum du champ efficace en un point se fait sans peine, de la même manière que celui du champ produit par une ligne équilibrée armée en triangle scalène.

Tous calculs faits, on trouve pour la valeur du maximum et du minimum de $\mathcal{H}_{\text{eff}}$, les expressions :

$$\frac{0{,}2}{d^2}\sqrt{abc\left(\frac{I_1^2}{a}\cos A_1+\frac{I_2^2}{b}\cos A_2+\frac{I_3^2}{c}\cos A_3\right)\pm\sqrt{\left(\frac{I_1^2}{a}+\frac{I_2^2}{b}+\frac{I_3^2}{c}\right)^2-4\sum_1^3\frac{I_1^2 I_2^2}{a b}\cos A_3}}.$$

Nous ne nous attarderons pas à discuter cette formule. Nous nous contenterons d'indiquer l'expression d'une limite supérieure de $\mathcal{H}_{\text{eff}}$, en un point donné, quand les courants dans les fils auront les valeurs I_1, I_2, I_3.

Partons de la formule :

$$\frac{0{,}2}{d^2}\sum a_K I_K e^{i\varphi_K}\cdot \sin(2\eta-\beta_K).$$

Si on prend comme point 0 de référence, un sommet du triangle d'armement, A_3, par exemple, l'expression sous Σ devient

$$I_1 b e^{i\varphi_1}\sin(2\eta-\beta_1)+I_2 a e^{i\varphi_2}\sin(2\eta-\beta),$$

dont le module est toujours inférieur à :

$$\underline{I_1 b + I_2 a}$$

La plus petite des trois expressions

$$\frac{0{,}2}{d^2}\begin{cases}\underline{I_1 b + I_2 a}\\ \underline{I_2 c + I_3 b}\\ \underline{I_3 a + I_1 c}\end{cases}$$

est ainsi une limite supérieure, jamais atteinte d'ailleurs, de $\mathcal{H}_{\text{eff}}$ (1) (2).

La valeur de $\mathcal{H}^{\text{eff}}_{\text{max}}$ se rapprocherait d'autant plus de ces valeurs

---

(1) On verrait de la même manière, que l'erreur commise en négligeant comme nous l'avons fait précédemment, les termes en $\frac{a^2_K}{d_0^3}$ dans l'expression de $\mathcal{H}_{\text{eff}}$, est inférieure à la plus petite des 3 expressions :

$$\frac{0{,}2}{d_0^3}\begin{cases}I_1 b^2 + I_2 a^2\\ I_2 c^2 + I_3 b^2\\ I_3 a^2 + I_1 c^2\end{cases}$$

(2) Autre expression, en fonction du rayon R, du cercle circonscrit. En prenant comme point de référence V, le centre de ce cercle, on trouve

$$\frac{0{,}2}{d^2}(I_1+I_2+I_3)\,R$$

comme limite supérieure, jamais atteinte du maximum de $\mathcal{H}_{\text{eff}}$.

limites (très grossièrement calculées), que le déséquilibre serait prononcé ou que les côtés du triangle d'armement seraient disproportionnés.

Ces expressions permettent pourtant de connaître d'avance une valeur limite (qui ne sera jamais atteinte ou dépassée, même dans les cas les plus défavorables), du champ magnétique produit par une ligne triphasée sur les conducteurs de laquelle sont disposés les disjoncteurs.

Elles peuvent même permettre de reconnaître, sans calculs pénibles, si les effets d'induction magnétique sur un circuit sont appréciables ou négligeables, lorsqu'il n'y a aucun courant de retour par la terre.

Application numérique (1). — Un ligne d'énergie triphasée, a ses trois conducteurs disposés en nappe place verticale à 1 m. 40 les uns des autres. A 7 m. 50 environ est disposé un circuit téléphonique dont les fils sont distants entre eux de 0 m. 50 environ.

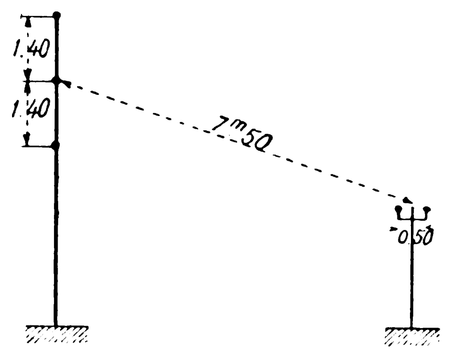


Fig. 12.

L'intensité maxima traversant les fils étant 20 ampères, proposons nous de chercher une limite supérieure de la tension induite sur une distance de parallélisme de 500 m.

La fréquence du courant est 50.

(1) Les données de cette application numérique se rapportent à une ligne existante. (Ligne d'énergie de Pau à Laruns ; circuit de Pau à Laruns). En fait, la longueur du parallélisme est de 40 km. mais le circuit présente des croisements tous les 500 mètres.



$$I_1\, a + I_2\, b = 280 \times 20 = 5.600 \text{ amp. cm.}$$

$$0{,}2\,\frac{I_1\, a + I_2\, b}{d^2} = \frac{5.600 \times 0{,}2}{56 \times 104} = 2 \times 10^{-3} \text{ gauss}$$

$$S = 50 \times 500 \times 10^2 = 25 \times 10^5 \text{ cm}^2$$
$$\omega = 314$$
$$V_{\text{volt}} < 10^{-8} \times 314 \times 25 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-3}$$
$$V < 16 \times 10^{-3} \text{ volts}$$

Ainsi, dans ce cas particulier, on voit sans insister davantage qu'il serait absolument illusoire de chercher à déceler les effets d'induction magnétique, si on est assuré du bon isolement de la ligne d'énergie.

Efficacité des transpositions, quant à la protection des circuits contre les troubles d'induction produits par une ligne d'énergie bien isolée. — Ce problème peut être abordé en faisant appel aux seules considérations développées plus haut.

En effet les dimensions transversales d'un circuit étant faibles; le flux qui le traverse est proportionnel à la valeur efficace du champ projeté sur sa direction normale.

Considérons deux sections du circuit qui, par construction, doivent opposer l'une à l'autre les tensions induites dont elles sont le siège. Le calcul des tensions induites dans chacune d'elles pourrait se faire au moyen de la formule

$$\omega\, S\, \frac{0{,}2}{d^2} \sum I_K\, a_K\, e^{i\varphi_K} \sin\,(2\,\eta - \beta_K)$$

la direction origine des η et β étant celle de la normale au plan du circuit ; S représentant la surface comprise entre les fils dans cette section.

On aurait une compensation parfaite entre 2 sections si pour ces sections, les $\frac{S}{d_0}$ étaient égaux, les η ou β différant d'une section à l'autre de π.

Il serait facile de calculer le résidu d'anti-induction, provenant du fait qu'en général ces conditions ne sont pas satisfaites.

En pratique, cela ne présenterait le plus souvent aucun intérêt

car les effets d'induction magnétique sur une section de circuit sont extrêmement faibles et à peine sensibles (cf. les chiffres donnés plus haut). Dès lors, tous les résidus d'anti-induction, qui du reste s'éliminent plus ou moins entre eux, demeurent négligeables, si imparfaitement que soit réalisées les conditions théoriques d'anti-induction.

Champ magnétique dans le cas des lignes non isolées du sol. — Nous appelons lignes non isolées du sol celles pour lesquelles n'est pas satisfaite la condition

$$\sum I_K \, e^{i \varphi_K} = 0$$

la sommation s'étendant aux conducteurs aériens.

Il peut en être ainsi pour deux raisons :

1° On utilise intentionnellement la terre comme conducteur de retour (le cas le fréquent est celui où la ligne aboutit à un réseau d'utilisation monté en étoile, avec neutre à la terre, et non équilibré).

2° La disproportion des perditances réparties le long de la ligne, entre conducteurs et terre, provoque l'existence de courants de perte.

L'étude théorique du champ magnétique, produit par ces lignes, ne saurait être abordée que lorsque l'expérience nous aura fait connaître quelles hypothèses doivent être admises au sujet du champ produit par les courants de retour.

Des études faites par différents expérimentateurs, il semble résulter que dans bien des cas, on peut admettre que ce champ est comparable à celui que produiraient les courants de terre s'ils étaient véhiculés par un conducteur fictif situé au-dessous de la nappe aérienne, à une profondeur du sol plus ou moins variable suivant les circonstances, mais de l'ordre de quelques entaines de mètres dans le cas des fréquences industrielles.

Ceci nous permet de voir dans ses grandes lignes, comment on peut décrire le champ magnétique.

Remarquons d'abord que les considérations auxquelles il a été fait appel dans la première partie de l'étude, demeurent valables, et qu'ainsi, la forme du champ magnétique en un point est analogue à celle qui a été indiquée.

Cependant il peut être intéressant dans certains cas de décrire le champ d'une autre manière.

Soit I_t le courant de terre ; φ_t sa phase. Les formules établies au début du chapitre III, appliquées à ce cas particulier donnent :

$$\frac{\mathcal{A}}{0,2} = \frac{\mathcal{A}_t}{0,2} + \frac{\sin \eta}{d_0} \sum I_K e^{i\varphi_K} - \frac{1}{d_0^2} \Sigma\, I_K e^{i\varphi_K} a_K \sin (2\eta - \beta_K) + \ldots$$

$$\frac{\mathcal{B}}{0,2} = \frac{\mathcal{B}_t}{0,2} - \frac{\cos \eta}{d_0} \sum I_K\, e^{i\varphi_K} - \frac{1}{d_0^2} \Sigma \ldots\ldots$$

les notations étant les mêmes que précédemment, mais les sommations s'appliquant encore aux seuls conducteurs aériens et $\mathcal{A}_t$ ou $\mathcal{B}_t$ représentant les composantes de $\mathcal{A}$ et $\mathcal{B}$, dues aux courants de terre.

Or $\Sigma\, I_K\, e^{i\varphi_K} = - I_t\, e^{i\varphi_K}$

D'autre part, quand on s'écarte de la ligne d'énergie à des distances moyennes, telles que le rapport de d_0 à la profondeur du conducteur fictif demeure inférieur à 1/10 par exemple, $\mathcal{A}_t$ ou $\mathcal{B}_t$ varient peu. En tout cas, le module de $\mathcal{H}_t$ demeure inférieur au 1/10 de celui de la composante de $\mathcal{H}$ due au terme $I_t\, e^{i\varphi_t}$. Ainsi, dans la région où $\mathcal{H}_t$ est négligeable devant les autres composantes, et où $\frac{a_K}{d_0}$ est petit,

$$\begin{matrix}\mathcal{A}\\ \mathcal{B}\end{matrix} = \mp \frac{1}{d_0} \left\{ \begin{matrix}\sin \eta \\ \cos \eta\end{matrix} \right\} I_t\, e^{i\varphi_t} - \frac{1}{d_0^2} \Sigma\, I_K\, a_K\, e^{i\varphi_K} \left\{ \begin{matrix}\sin \\ \cos\end{matrix} \right\} (2\eta - \beta_K) + \ldots\ldots$$

Le champ peut être décomposé en

1° un champ alternatif, produit par un courant égal et en opposition au courant de terre, qui traverserait un conducteur fictif au centre de l'armement ;

2° un champ tournant, suivant la même loi de répartition dans l'espace, que les champs produits par les lignes isolées.

Cette décomposition de champ peut être intéressante à considérer pour les calculs de flux.

Suivant les valeurs respectives de I_t et des I_K, il pourra arriver que dans une région, un des champs l'emporte nettement sur l'autre.

Il faut remarquer pourtant qu'au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la nappe, le champ des courants de terre, gagne en importance relative. L'ensemble des termes

$$\frac{1}{0,2}\left\{\frac{\mathcal{A}_t}{\mathcal{B}_t}\right\} \mp \frac{1}{d_0}\left\{\begin{matrix}\sin\eta \\ \cos\eta\end{matrix}\right\} I_t e^{i\varphi_t}$$

tend à représenter un champ tournant elliptique, de dimensions décroissantes.

A très grande distance de la ligne, si les courants de terre sont assez forts, ce champ pourra devenir prédominant (En effet, son module est certainement supérieur à $\frac{I_t}{d'_0}$ en désignant par d'_0 la distance au conducteur fictif. D'autre part, le module de l'autre champ est certainement inférieur à $\frac{3\,J\,R}{d_0^2}$

R étant le rayon du cercle circonscrit au triangle d'armement J le moyenne arithmétique des intensités dans les fils aériens.

Si donc : $\frac{I_t}{d'_0} > \frac{3\,J\,R}{d_0^2}$

$$I_t > 3\left(\frac{d'_0}{d_0}\right)\cdot\left(\frac{R}{d_0}\right) J$$

le champ dû à l'existence de courants de terre (et même, plus précisément, le champ produit par les courants de terre) est supérieur à l'autre.

Dans la région voisine du sol (à l'altitude de la nappe, on a toujours $d'_0 < d_0$, et on peut exprimer la condition par l'inégalité.

$$I_t > 3\,\frac{R}{d_0}\,J$$

Les remarques précédentes peuvent présenter un certain intérêt pour l'étude des effets d'induction magnétique sur les circuits télégraphiques.

Expression générale du flux d'induction à travers un circuit. — Pour définir les positions relatives de la ligne triphasée et du circuit, désignons par D la distance du point de référence O choisi à proximité des conducteurs aériens, au plan du circuit. Choisi-

sons comme direction origine des angles, Ox, la normale au plan du circuit. Conservons les notations employées au début du chapitre III. Le circuit, dont les côtés sont supposés parallèles aux conducteurs, est alors complètement défini par les angles η_1 et η_2 correspondant à ses côtés.

Admettons encore que les effets d'induction dus aux courants de terre sont équivalents à ceux de courants véhiculés par un conducteur fictif O′ placé sous la nappe aérienne à grande profondeur du sol.

Désignons par D′ la distance de ce conducteur au plan du circuit, η'_1 et η'_2 les angles de la direction $o'x$ avec les droites joignant O′ aux traces des côtés du circuit.

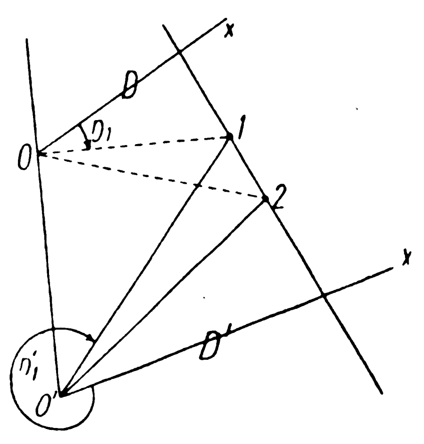


Fig. 13.

L'expression du flux traversant le circuit est :

$$\mathcal{F} = \int_1^2 \mathcal{H}\, d\,\mathrm{S}$$

avec :

$$\frac{\mathcal{H}}{0,2} = \frac{\sin \eta'_1}{d'_0} \mathrm{I}_1\, e^{i\varphi_1} - \frac{\sin \eta_1}{d_0} \mathrm{I}_1\, e^{i\varphi_1} - \frac{1}{d_0^2} \Sigma\, \mathrm{I}_K\, a_K\, e^{i\varphi_K} \sin(2\eta_1 - \beta_K) + \dots$$

La surface S, d'où le flux $\mathcal{F}$, est proportionnelle à la dimension longitudinale du circuit. Cherchons simplement le rapport $\frac{\mathcal{F}}{l}$ (flux par *centimètre*).

(Pour éviter toute confusion, adoptons δ comme symbole différentiel), on a :

$$\frac{\delta S}{l} = \delta (D \operatorname{tg} \eta) = \frac{D}{\cos^2 \eta} \delta \eta = \frac{D'}{\cos^2 \eta'} \delta \eta'$$

$$d_0 = \frac{D}{\cos \eta} \quad d'_0 = \frac{D'}{\cos \eta'}$$

Évaluons séparément les intégrales des expressions en I_t et ΣI_K...

$$\int_1^2 \frac{\delta S}{e} \left(\frac{\sin \eta'}{d'_0} - \frac{\sin \eta}{d_0} \right) I_t e^{i\varphi_t} = I_t e^{i\varphi_t} \int_1^2 \operatorname{tg} \eta' \, d\eta' - \operatorname{tg} \eta \, d\eta$$

$$= I_t e^{i\varphi_t} \log \left(\frac{\cos \eta'_2}{\cos \eta_2} \frac{\cos \eta_1}{\cos \eta'_1} \right)$$

$$- \Sigma I_K a_K e^{i\varphi_K} \int_1^2 \frac{\sin (2\eta - \beta_K) \delta S}{d^2_0} = - \Sigma I_K a_K e^{i\varphi_K} \times$$

$$\int_1^2 \sin (2\eta - \beta_K) \delta \eta = \frac{1}{2D} \Sigma I_K a_K e^{i\varphi_K} [\cos (2\eta - \beta_K)]_1^2$$

La dernière expression est facile à calculer géométriquement.

Posons $\breve{\mathscr{B}} e^{i\varphi_B} = \Sigma I_K a_K e^{i\varphi_K} \cos (2\eta - \beta_K)$

La dernière expression se met sous la forme.

$$\frac{1}{2D} (\breve{\mathscr{B}}_2 e^{i\varphi_{B_2}} - \breve{\mathscr{B}}_1 e^{i\varphi_{B_1}})$$

Or $\breve{\mathscr{B}}$ est une fonction de η que nous avons déjà eu l'occasion d'étudier. Nous savons en particulier (rapprocher les développements du chapitre I, et du chapitre III), que la représentation de $\breve{\mathscr{B}}$ dans le plan des phases, lorsque η varie, est une ellipse, dont les deux diamètres conjugués sont :

$$\left\{ \begin{array}{l} \Sigma I_K a_K e^{i\varphi_K} \cos \beta_K \\ \text{et} \\ \Sigma I_K a_K e^{i\varphi_K} \sin \beta_K \end{array} \right.$$

La direction Ox étant choisie, cette ellipse peut aisément être construite et graduée en η. L'expression $\mathscr{B} e^{\varphi_{B_2}} - \mathscr{B} e^{i\varphi_{B_1}}$ est représentée en grandeur et en phase, par la corde de cette ellipse joignant les points côtés η_1 et η_2.

[Nous avons d'ailleurs indiqué au commencement de ce cha-

pitre, comment doit se modifier la graduation en η, lorsqu'on change la direction Ox ($2\eta - \beta_K$ demeurent des constantes.)

Reprenons l'expression complète du flux.

$$\frac{\mathcal{F}}{0{,}2\, l} = I_1 e^{i\varphi_1}\left[\operatorname{Log}\left|\frac{\cos\eta'_2 \cos\eta_1}{\cos\eta_2 \cos\eta'_1}\right| + \frac{1}{2D}\left(B_2 e^{i\varphi_{B_2}} - \mathcal{B}_1 e^{i\varphi_{B_1}}\right)\right]$$

Le premier terme est susceptible de prendre une grande valeur, même si I_1 est petit. Il suffit pour cela qu'un des angles $\eta_1\, \eta_2\, \eta'_1\, \eta'_2$ devienne voisin de $\frac{2}{\pi}$, et que les angles figurant dans l'autre membre de la fraction $\frac{\cos\eta'_2 \cdot \cos\eta_1}{\cos\eta_2 \cdot \cos\eta'_1}$, diffèrent suffisamment de cette valeur. Cela peut se produire quand la dimension transversale du circuit est très grande, vis-à-vis de la distance du plan du circuit à la ligne aérienne, ou au conducteur fictif de retour.

Le deuxième terme demeure petit, en général, dès que la distance d'armement est petite vis-à-vis de la distance de la ligne aérienne au plan du circuit. Au reste, une valeur extrême de son module est : $\frac{3JR}{2D}\left|\cos\eta_1 + \cos\eta_2\right|$.

Application au cas des circuits télégraphiques. — On ne saurait tirer, des seules considérations qui précèdent, de conclusions applicables aux circuits télégraphiques, utilisant la terre comme conducteur de retour. Il faudrait en effet savoir quels sont le contour et les dimensions du circuit télégraphique ainsi constitué. Il semble résulter de mesures faites jusqu'à présent, par différents expérimentateurs, qu'il est assez plausible d'assimiler le circuit télégraphique à un circuit métallique dont les contours seraient, d'une part le conducteur aérien, d'autre part, un conducteur fictif de retour, placé dans le sol, sous le conducteur aérien, à une profondeur plus ou moins grande suivant les circonstances (fréquence des courants ; nature du sol, etc...)

Elle pourrait être dans certains cas, et pour les fréquences industrielles, de l'ordre de quelques centaines de mètres (du même ordre que celle du conducteur fictif de retour des lignes d'énergie).

En admettant cette hypothèse pour se rendre compte, au moins grossièrement de ce que peuvent être les phénomènes, on remarque que :

1° le flux traversant le circuit télégraphique, lorsque la ligne d'énergie est bien isolée, est de l'ordre de

$$0{,}2\,\frac{3\,J\,R}{D}\,(1 \mp \cos\eta') \quad \text{(par centimètre)}$$

(suivant que le fil télégraphique est moins haut ou plus haut que la ligne d'énergie), et toujours inférieur à cette valeur.

2° si la ligne d'énergie n'est pas isolée, il s'ajoute à ce terme, le terme :

$$I_1 \operatorname{Log}\left(\frac{\cos\eta'_2 \cos\eta_1}{\cos\eta_2 \cos\eta'_1}\right)$$

Or, η_2 et η'_1 sont assez voisins de $\frac{\pi}{2}$, alors que η_1 et η'_2 sont relativement petits.

Ainsi le terme prédominant sera souvent celui qui est dû à l'existence des courants de retour de la ligne d'énergie.

Efficacité des transpositions de la ligne d'énergie, quant à la protection des lignes télégraphiques contre les effets d'induction magnétique. — L'étude de la question mérite d'être approfondie. Nous ne saurions ici, que l'amorcer. Pour l'entreprendre, il nous faut, en effet, savoir comment peuvent varier, le long de la ligne, l'intensité des courants de retour par la terre, ainsi que leur phase (1).

Considérons pourtant le cas où ces caractéristiques des courants de retour varient peu, et où les conducteurs fictifs de retour demeurent à une profondeur uniforme.

Le système usuel de transposition des lignes d'énergie consiste à faire occuper successivement, par chaque conducteur, sur des distances égales, chacun des sommets du triangle d'armement, celui-ci conservant toujours la même position relative par rapport au sol.

(1) Il faut ne pas oublier qu'aux courants induits, peuvent se superposer des courants dérivés. Le phénomène est évidemment complexe.

Les conditions théoriques optima de bonne anti-induction sont: 1° que les éléments transposés, destinés à compenser entre eux leurs effets d'induction, soient de la même longueur;

2° que la ligne télégraphique occupe toujours la même position relative par rapport à l'armement.

Si ces conditions se trouvent remplies, on voit que lorsque la ligne d'énergie est bien isolée, l'anti-induction parfaite est assurée sur tout ensemble de 3 éléments transposés.

En effet, le flux total induit dans le circuit télégraphique, le long de cette partie de la ligne est égal à une constante près à

$$\sum_{j=1}^{3} \sum_{K=1}^{3} I_j e^{i\varphi_j} a_K \Big[\cos(2\eta - \beta_K)\Big]_1^2$$

c'est-à-dire :

$$\left(\sum_1^3 I_j e^{i\varphi_j}\right)\left(\sum_1^3 a_K \Big[\cos\left(2\eta - \beta_K\right)\Big]_1^2\right)$$

quantité nulle dans le cas de la ligne bien isolée.

En pratique, on pourra dans ce cas observer des résidus d'anti-induction, provenant de ce que :

1° les $\frac{l}{D}$ ne sont pas rigoureusement les mêmes pour les 3 sections. Parfois même, aux extrémités du parallélisme, certaines sections ne seront pas compensées.

2° D'une section à l'autre, les $\Sigma a_k \cos(2\eta - \beta_k)$ varient parce que le fil télégraphique (ou le fil fictif de fermeture du circuit télégraphique) n'occupe pas toujours la même position relative par rapport à l'armement de la ligne d'énergie.

On pourrait aisément calculer les valeurs des résidus attribuables à ces dernières causes. Il convient de ne pas en exagérer l'importance à ses yeux. Sur une ligne un peu longue, tous ces résidus peuvent se compenser d'eux-mêmes.

Par contre, si on examine le cas d'une ligne non isolée, on constate que le premier terme entrant dans l'expression du flux d'induction, ne subit aucune altération du fait de l'existence de

transpositions. Le second terme lui-même ne s'annule pas. Il devient (à un facteur constant près), égal à :

$$-\frac{I_t e^{i\varphi_t}}{2D}\sum_1^3 a_K\Big[\cos 2\eta - \beta_K\Big]_1^2$$

quantité d'ailleurs, au plus égale (en module) à $\frac{3RI_t}{D}$ et généralement négligeable devant :

$$I_t e^{i\varphi_t}\,\text{Log.}\left|\frac{\cos \eta'_2 \cos \eta_1}{\cos \eta_2 \cos \eta'_1}\right|$$

Nous avons dit que le coefficient de I_t, dans cette expression du flux pouvait prendre une valeur considérable.

Ainsi, en première analyse, l'efficacité des rotations de la ligne d'énergie, quant à la protection des lignes télégraphiques contre les effets d'induction magnétique, est considérablement diminuée lorsqu'il y a des courants de retour par la terre.

*
* *

IV. *Conclusion.* — Dans cette étude théorique, consacrée à la description du champ magnétique, nous avons vu en premier lieu, quelles hypothèses simples pouvaient permettre le calcul des phénomènes d'induction magnétique, dans le cas général, puis, au moyen de ces hypothèses nous avons dessiné dans ses grandes lignes le champ magnétique produit par une ligne triphasée de transport d'énergie.

Dans le cas où la ligne triphasée est bien isolée du sol, cette description se fait simplement ; l'étude du rôle de la disposition des conducteurs, ou de la répartition des courants entre les phases est accessible au calcul, à condition pourtant, de recourir le plus souvent, aux constructions de la géométrie élémentaire. Toutefois, même dans les cas complexes, il est possible de calculer facilement une limite supérieure de la valeur du champ, et ainsi de se rendre compte si un calcul plus précis mérite d'être entrepris.

Nous avons dû réserver l'étude des lignes non isolées du sol, faute de connaître les valeurs à attribuer aux quantités qui inter-

viennent alors, dans l'expression du champ magnétique. Nous n'avons pas craint pourtant, d'admettre l'hypothèse commode du conducteur fictif de retour, et d'établir dans ces conditions, les formules qui permettraient le calcul. La connaissance de ces formules permettra de mieux diriger les recherches expérimentales ou les observations de situations existantes à faire en vue de rassembler les éléments de l'étude complète.

C'est dans cet esprit que nous avons amorcé l'étude de l'anti-induction. Ce problème est à peu près résolu (au point de vue théorique), dans le cas des circuits téléphoniques pourvus des croisements ou rotations réglementaires de l'Administration. Nous avons vu que celui de l'anti-induction des lignes télégraphiques, par rotations régulières de la ligne d'énergie ne pourra être résolu que lorsque nous aurons une connaissance meilleure du régime et de l'effet des courants de retour par la terre.

Il semble que les recherches relatives à ce sujet pourront être poursuivies de la manière suivante :

1° Étude des lignes télégraphiques. On cherchera à préciser dans quelles conditions on peut assimiler le circuit télégraphique constitué par le fil télégraphique et la terre, à un circuit plan, défini par le fil télégraphique et un conducteur fictif de retour ; à définir, s'il y a lieu, les circonstances permanentes ou temporaires, générales ou locales, plus ou moins insoupçonnables *a priori*, qui interviennent dans la définition de ce conducteur, et qui jusqu'à présent sont assez mal connues.

L'étude des lignes télégraphiques permettra peut-être aussi de déceler l'existence de courants dérivés entre circuits utilisant la terre comme retour commun.

2° Étude des courants de retour par la terre, des lignes d'énergie.

Au début de cette étude, on admettra, comme assez plausible, l'existence d'une relation simple entre les caractéristiques d'un conducteur fictif de retour de la ligne d'énergie, et celles du conducteur fictif bouclant à travers la terre le circuit télégraphique, et on s'efforcera de déterminer quelle peut être cette relation, si elle existe.

Il faut d'ailleurs s'attendre à ne recueillir que de rares données relatives à ce dernier problème, l'expérimentation sur lignes d'énergie n'étant pas fréquemment possible : cependant, l'observation de situations existantes permettra, peut-être, d'obtenir des précisions suffisantes pour l'objet qui nous préoccupe.

Nous pensons utile, en terminant, de mentionner que ces études expérimentales pourront présenter une certaine difficulté du fait de la coexistence des phénomènes d'induction magnétique et des phénomènes d'influence électrique : le plus grand soin devra être apporté, et les plus grandes précautions prises, lors de la préparation, de l'exécution et de la réalisation des mesures.

REVUE DES PÉRIODIQUES

PÉRIODIQUES EN LANGUE FRANÇAISE

Méthode rationnelle pour les essais et la spécification des lampes triodes destinées à fonctionner en clapet (André Blondel, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* : 6 août 1923). Les considérations exposées dans une précédente note (1) conduisent à une méthode nouvelle pour la spécification et les essais de réception des lampes triodes destinées aux postes générateurs, en vue de leur fonctionnement en clapet, dont ne tiennent pas compte les méthodes d'essai usuelles.

Dans celles-ci, on se préoccupe de mesurer le courant « de saturation » sous différents voltages, et les variations du courant de plaque sous ces mêmes voltages, quand on fait varier la tension de grille. Ces deux renseignements, intéressants pour le régime oscillatoire continu, à puissance maxima dans le circuit extérieur, sont sans intérêt pour le fonctionnement discontinu de la lampe en clapet, destiné à assurer le rendement maximum aux dépens de la puissance. Une seule notion reste commune aux deux méthodes, celle de la puissance maxima que peut supporter la lampe, en cas de mauvais réglage ou d'accroissement excessif de la tension appliquée à la plaque. Les essais les plus rationnels me paraissent être les suivants. On distinguera d'abord les essais à faire en usine et au Laboratoire de celui qui utilise la lampe.

I. — Essais a faire a l'usine de construction des lampes. — On ne peut imposer au constructeur d'installer une antenne, d'ailleurs variable, suivant les cas d'emploi. Et même une antenne fictive ne peut être installée au petit bonheur; elle devrait être soignée, souvent étudiée pour chaque cas comme on le verra plus loin.

1° *Puissance interne maxima dissipable dans la lampe.* — On

(1) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 87.

déterminera la puissance maxima que peut *dissiper* la lampe par rayonnement, en l'alimentant directement en courant continu sous un voltage peu différent du voltage moyen d'utilisation, et en augmentant le potentiel de la grille progressivement à l'aide d'un potentiomètre ou d'une dynamo à excitation variable jusqu'à ce que l'on obtienne l'échauffement limite. Ce dernier est caractérisé par le fait, que pour des échauffements plus forts, le fonctionnement de la lampe devient instable par suite de dégagement de gaz par les électrodes.

2° *Potentiels de grille d'amorçage.* — Étant donné que la caractéristique d'oscillation ne peut commencer qu'à partir du moment où s'ouvre le clapet, c'est-à-dire quand la lampe devient conductrice, on déterminera, pour une série de tensions d'alimentation portées en abcisses, les tensions de grille correspondantes, nécessaires et suffisantes pour empêcher le passage du courant.

3° *Tensions limites de grille* — Les oscillations étant limitées par l'augmentation du courant de grille, on déterminera d'autres caractéristiques indiquant les courants de grille obtenus en fonction du voltage de grille sous un certain nombre de voltages de plaque définis ; les coudes de ces caractéristiques indiqueront les tensions de grille à ne pas dépasser. Elles peuvent résulter aussi simplement de l'essai suivant.

4° *Caractéristiques d'oscillation à résistance négative constante.* — On a vu dans une précédente note que la lampe a les propriétés d'un arc chantant. On sait que l'arc chantant se comporte dans un circuit comme une résistance négative ; il en est de même de la lampe valve lorsqu'on fait varier le potentiel de grille proportionnellement (avec un signe inverse) au potentiel de plaque, mais on est maître de modifier la résistance négative en modifiant le couplage (ou le degré de réaction) de la grille. On conçoit donc que le procédé le meilleur pour définir une lampe, c'est d'étudier son fonctionnement comme résistance négative. A cet effet, on déterminera l'amplitude maxima que peut prendre le courant de plaque dans une caractéristique rectiligne tombante partant de l'axe origine de l'épure d'oscillation, en un certain voltage choisi comme point de commencement de la conductibilité de la lampe. Pour l'obtenir on

mettra en série, dans un circuit comprenant la lampe et une batterie fixe, une résistance fixe convenablement choisie ; puis, on fera croître progressivement le courant plaque depuis zéro, ce qui a pour effet d'abaisser le voltage aux bornes de la lampe progressivement. Cette variation de courant sera obtenue, pour chaque valeur de la résistance extérieure fixe, en faisant varier le voltage de grille à l'aide d'une source auxiliaire de potentiel variable, soit d'un potentiomètre sur batterie, soit d'un courant alternatif réglable par variomètre. Le courant passant dans la lampe est réduit proportionnellement à la différence de potentiel aux bornes de la résistance extérieure R, et la tension absorbée par la lampe suit la loi :

$$u = U - R\,i,$$

comme si la lampe avait une résistance interne négative R, arbitrairement choisie. Les mesures de u et de i peuvent être faites à l'aide d'appareils de mesures caloriques ou d'oscillographes à basse fréquence.

On obtient ainsi une caractéristique d'oscillation rectiligne partant de l'axe $i = 0$. On est averti de l'amplitude maxima à laquelle il faut l'arrêter par l'accroissement excessif qu'il faut donner à l'amplitude de l'oscillation de la tension de grille pour augmenter l'amplitude de i à partir de cette valeur. On peut de cette manière, pour un même point d'amorçage des caractéristiques tombantes, étudier plusieurs fonctionnements correspondant à différentes résistances négatives de la lampe, et, par suite, respectivement à des puissances différentes $\int R\, i^2\, dt$ disponibles dans le circuit extérieur. On peut évaluer approximativement les puissances totale et utile et le rendement par la méthode d'approximation indiquée précédemment.]

Ce quatrième essai fait donc connaître, pour chaque valeur de la résistance négative électrique de la lampe, le courant maximum et la puissance qu'elle peut laisser passer pendant chaque période de l'oscillation, ainsi que le rendement correspondant pour le circuit plaque.

5° *Mesure des pertes.* — Pour connaître le rendement vrai, il faut tenir compte des puissances dépensées dans les circuits de grille et de chauffage, puissances qu'on mesure facilement par les méthodes usuelles.

6° Enfin il est intéressant et facile de mesurer certaines *constantes de la lampe*.

Si l'on se reporte à l'équation connue des régimes variables applicable dans la région de fonctionnement où les caractéristiques sont sensiblement rectilignes,

$$(1) \qquad \rho\, i = u + k\, v$$

(en appelant u la variation de la tension de plaque U, v celle de la tension de grille V, i la variation du courant de plaque), ρ représente la *résistance interne et k le coefficient d'amplification*. Pour mesurer ces deux constantes, appliquons à la grille une force électromotrice alternative (de basse fréquence pour plus de facilité) d'amplitude v, et comprise dans les limites fixées par l'essai n° 3 ; soient i l'amplitude du courant alternatif de plaque, mesurée quand la puissance est fournie par une batterie fixe de tension = U, sans aucune résistance extérieure en série, i' l'amplitude du même courant mesurée après introduction d'une résistance R en série avec la plaque.

L'équation (1) appliquée aux deux régimes successifs observés donne les deux relations :

$$\rho\, i = kv, \quad \rho i' = kv - R\, i'.$$

D'où l'on déduit immédiatement :

$$\rho = R\frac{i' - i}{i}, \quad k = \frac{R}{v}(i' - i).$$

La connaissance des propriétés de la lampe est utilement complétée par la mesure des trois *capacités* entre filament, grille et plaque. En pratique, la plus importante dans les lampes destinées à fonctionner en clapet (et qui ont une grande surface de grille) est la capacité entre grille et plaque. La mesure de la capacité se fait facilement au moyen du courant fourni par une hétérodyne, en employant la méthode de substitution ou la méthode d'opposition d'Armagnat.

Il reste à vérifier les résultats par des essais directs de fonctionnement de la lampe sur circuit oscillant. Ce travail est un travail de laboratoire qui paraît devoir incomber plutôt à l'ingénieur constructeur ou exploitant de poste générateur d'ondes qu'au con-

mettra en série, dans un circuit comprenant la lampe et une batterie fixe, une résistance fixe convenablement choisie ; puis, on fera croître progressivement le courant plaque depuis zéro, ce qui a pour effet d'abaisser le voltage aux bornes de la lampe progressivement. Cette variation de courant sera obtenue, pour chaque valeur de la résistance extérieure fixe, en faisant varier le voltage de grille à l'aide d'une source auxiliaire de potentiel variable, soit d'un potentiomètre sur batterie, soit d'un courant alternatif réglable par variomètre. Le courant passant dans la lampe est réduit proportionnellement à la différence de potentiel aux bornes de la résistance extérieure R, et la tension absorbée par la lampe suit la loi :

$$u = U - R\,i,$$

comme si la lampe avait une résistance interne négative R, arbitrairement choisie. Les mesures de u et de i peuvent être faites à l'aide d'appareils de mesures caloriques ou d'oscillographes à basse fréquence.

On obtient ainsi une caractéristique d'oscillation rectiligne partant de l'axe $i = 0$. On est averti de l'amplitude maxima à laquelle il faut l'arrêter par l'accroissement excessif qu'il faut donner à l'amplitude de l'oscillation de la tension de grille pour augmenter l'amplitude de i à partir de cette valeur. On peut de cette manière, pour un même point d'amorçage des caractéristiques tombantes, étudier plusieurs fonctionnements correspondant à différentes résistances négatives de la lampe, et, par suite, respectivement à des puissances différentes $\int R\, i^2\, dt$ disponibles dans le circuit extérieur. On peut évaluer approximativement les puissances totale et utile et le rendement par la méthode d'approximation indiquée précédemment.]

Ce quatrième essai fait donc connaître, pour chaque valeur de la résistance négative électrique de la lampe, le courant maximum et la puissance qu'elle peut laisser passer pendant chaque période de l'oscillation, ainsi que le rendement correspondant pour le circuit plaque.

5° *Mesure des pertes.* — Pour connaître le rendement vrai, il faut tenir compte des puissances dépensées dans les circuits de grille et de chauffage, puissances qu'on mesure facilement par les méthodes usuelles.

6° Enfin il est intéressant et facile de mesurer certaines *constantes de la lampe*.

Si l'on se reporte à l'équation connue des régimes variables applicable dans la région de fonctionnement où les caractéristiques sont sensiblement rectilignes,

$$\rho i = u + k v \tag{1}$$

(en appelant u la variation de la tension de plaque U, v celle de la tension de grille V, i la variation du courant de plaque), ρ représente la *résistance interne et k le coefficient d'amplification*. Pour mesurer ces deux constantes, appliquons à la grille une force électromotrice alternative (de basse fréquence pour plus de facilité) d'amplitude v, et comprise dans les limites fixées par l'essai n° 3 ; soient i l'amplitude du courant alternatif de plaque, mesurée quand la puissance est fournie par une batterie fixe de tension = U, sans aucune résistance extérieure en série, i' l'amplitude du même courant mesurée après introduction d'une résistance R en série avec la plaque.

L'équation (1) appliquée aux deux régimes successifs observés donne les deux relations :

$$\rho i = kv, \; \rho i' = kv - R i'.$$

D'où l'on déduit immédiatement :

$$\rho = R\frac{i' - i}{i}, \; k = \frac{R}{v}(i' - i).$$

La connaissance des propriétés de la lampe est utilement complétée par la mesure des trois *capacités* entre filament, grille et plaque. En pratique, la plus importante dans les lampes destinées à fonctionner en clapet (et qui ont une grande surface de grille) est la capacité entre grille et plaque. La mesure de la capacité se fait facilement au moyen du courant fourni par une hétérodyne, en employant la méthode de substitution ou la méthode d'opposition d'Armagnat.

Il reste à vérifier les résultats par des essais directs de fonctionnement de la lampe sur circuit oscillant. Ce travail est un travail de laboratoire qui paraît devoir incomber plutôt à l'ingénieur constructeur ou exploitant de poste générateur d'ondes qu'au con-

structeur de lampes. Il n'existe pas, en effet, pour une lampe donnée, un seul mode d'emploi et un seul type de poste, mais une infinité. C'est à l'ingénieur de télégraphie sans fil d'étudier le parti qu'il peut tirer d'une lampe définie chez le constructeur par les essais précédents, qui ont l'avantage de ne pouvoir prêter à aucune ambiguïté ni donner lieu à aucune discussion.

II. — Essais a faire au Laboratoire de télégraphie sans fil. — Les meilleurs essais sont ceux que l'ingénieur fera sur le poste d'utilisation lui-même. Mais on peut y suppléer, en laboratoire, en mettant la lampe sur un circuit bouchon ayant des constantes à peu près *semblables* à celles d'une antenne munie d'une self.

7° *Essais sur antenne fictive.* — On a déjà l'habitude de ces essais. Il faut avoir seulement soin de choisir, d'après les résultats obtenus sur des postes existants, les valeurs de l'inductance, de la capacité, et de la résistance équivalente d'antenne (qui tient compte du rayonnement de l'énergie). Pour que la caractéristique de la lampe reste sensiblement rectiligne, on doit attaquer par le clapet ce circuit oscillant en un point de la bobine d'inductance tel que le courant fourni par la lampe reste en phase sensiblement avec la force électromotrice disponible aux bornes.

Dans ce but, on aura soin qu'une partie de l'inductance se trouve en série dans la branche résistance-capacité ; car, une branche de capacité ne contenant que la résistance ohmique donne lieu à des variations rapides de courant et des harmoniques au moment où la lampe devient conductrice, tandis que l'antenne présente les caractérisques d'une ligne haute tension et ne permet pas cet établissement brusque de régime.

Pour étudier les cas d'antennes présentant des résistances de radiation différentes, et ayant par suite des conditions d'amortissement différentes, on prendra, par exemple, deux ou trois valeurs différentes de la résistance fixe.

Un point nouveau de la méthode c'est qu'on excitera la grille par une hétérodyne, dont le circuit oscillant réglé à la même fréquence que le circuit d'essai, sera intercalé en série avec une batterie de force électromotrice réglable : on pourra de cette façon régler à volonté la valeur moyenne du potentiel de grille, soit en faisant

varier le couplage de l'hétérodyne, soit en utilisant l'impédance du circuit de plaque comme un potentiomètre à prises variables. L'hétérodyne évite tout risque de désamorçage dans l'emploi de lampe comme clapet, même avec des impulsions plus courtes que la durée d'une alternance adoptée comme norme dans les essais n° 5.

On peut d'ailleurs remplacer l'hétérodyne, comme je l'ai dit précédemment, par une lampe-relais, entretenue par réaction du circuit oscillant de la lampe de travail étudiée. On déterminera de cette manière la puissance maxima et le rendement maximum respectifs que peut donner la lampe accouplée au circuit oscillant représentant l'antenne fictive. En donnant successivement plusieurs valeurs différentes à la résistance mise en série avec la capacité, on déterminera les conditions variées de fonctionnement de la lampe et l'amélioration du rendement qui peut être obtenue au prix d'une réduction de puissance.

Ces essais permettent de chiffrer les constantes d'une lampe-valve fonctionnant suivant la méthode du clapet, comme on chiffre les constantes d'une batterie d'accumulateurs. Pour celle-ci, la capacité et le rendement varient suivant la durée de décharge ; c'est pourquoi les constructeurs indiquent plusieurs chiffres de capacité, en mettant en regard le nombre d'heures de décharge. On peut définir de même les lampes-valves en donnant plusieurs chiffres de puissance et de rendement applicables à l'ouverture du clapet pendant une alternance entière, savoir :

a) Le régime de puissance maxima (limitée par l'énergie maxima que peut dissiper la plaque) ;

b) Deux ou trois régimes de puissances obtenus sous le voltage normal de source, à résistance négative constante pendant une alternance, avec diverses valeurs de cette résistance ; et les rendements correspondants.

Ces différents régimes correspondant, comme on l'a vu plus haut, à des valeurs différentes de l'énergie à fournir à l'antenne pendant une période.

8° *Essais oscillographiques.* — Enfin il sera très intéressant, toutes les fois qu'on en aura le temps, et très utile pour bien connaître en ses détails le fonctionnement d'une lampe, d'étudier à l'oscil-

lographe les caractéristiques réelles d'oscillation correspondant aux différents régimes dont il est parlé ci-dessus ; mais cela exige un outillage de laboratoire plus important (surtout si l'on veut faire le vide).

L'oscillographe peut être employé soit pour l'enregistrement d'ondes périodiques à la manière ordinaire, soit pour le tracé direct en coordonnées rectangulaires, des caractéristiques d'oscillation. L'oscilloradiographe de Braun ou celui de Dufour se prêtent, comme on le sait, à cette dernière étude, l'un par vision directe, l'autre par enregistrement photographique dans le vide. L'oscillographe bifilaire double à deux miroirs (disposés de manière à renvoyer les rayons de l'un sur l'autre) que j'ai décrit en 1909 (1) permet également de relever directement ces caractéristiques à basse fréquence (20 à 50 périodes par seconde).

Le régime d'un circuit oscillant d'anténne est caractérisé par la résistance totale R, comprenant la résistance de radiation, et par le degré d'amortissement total x (suivant la définition de Curie $x = \frac{R}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}$) qui joue un rôle important dans le fonctionnement de la lampe en clapet. Quand on emploie un oscillographe, fût-ce même un oscilloradiographe (qui exige pour ses bobines une assez forte self-induction), les constantes du circuit se trouvent modifiées ; cet emploi reste cependant légitime si l'on a soin de maintenir le même degré d'amortissement dans le circuit oscillant (2).

---

(1) Sur les ordres du général Ferrié, on a exécuté, il y a quelques années, un appareil de ce même type, d'après mes plans, pour le tracé des caractéristiques statiques.

(2) On peut même réaliser la même valeur pour les intensités des courants tout en modifiant, dans un rapport quelconque, la vitesse des oscillations, si l'on augmente à la fois et proportionnellement entre elles l'inductance et la capacité du circuit oscillant. Cela résulte directement de l'examen des équations différentielles du problème ; en effet, dans celles-ci, la grandeur L n'entre jamais que dans des différentielles de la forme $\frac{d(Li)}{dt}$ et la capacité que dans des intégrales de la forme $\int \frac{idt}{C}$; i n'est donc pas modifié (mais seulement t) quand L et C varient de façon que $\frac{L}{T}$ et $\frac{T}{C}$ restent les mêmes (T étant la période), et que R ne soit pas modifié. En général, il suffit de réaliser le même degré d'amortissement sans se préoccuper de la fréquence ; et cela permet de modifier R.

Les perturbations atmosphériques (René MESNY, *Onde électrique* : juillet 1923). — Ce qui suit est seulement un exposé de l'ensemble des idées qui ont cours sur les phénomènes et surtout des observations qui ont été faites à ce sujet. La question de l'élimination des perturbations et les recherches techniques effectuées, sont laissées de côté, l'auteur s'attachant au point de vue purement physique de la question.

L'origine de ces perturbations est peu précise encore. D'après les bruits qu'elles engendrent dans un téléphone, il a été proposé de les classer de la façon suivante :

a) friture ou « hissing », généralement causée par le passage de nuages fortement chargés au-dessus de l'antenne ;

b) claquements ou « clicks » ;

c) « grinders » ou bruit analogue à celui donné par une meule écrasant un grain ;

d) décharges, dont le bruit est métallique et dont la durée atteint parfois 5 secondes. Ces décharges sont causées par les nuages orageux.

Les très nombreuses observations faites dans les cinq parties du monde par Austin, Cornélis de Groot, W. Watt, Pikard, Vreeland, Taylor, Mesny, de Bellescize, Rothé, montrent que ces perturbations sont beaucoup plus fréquentes et importantes en été qu'en hiver, la nuit que le jour, dans les pays chauds que dans les régions tempérées.

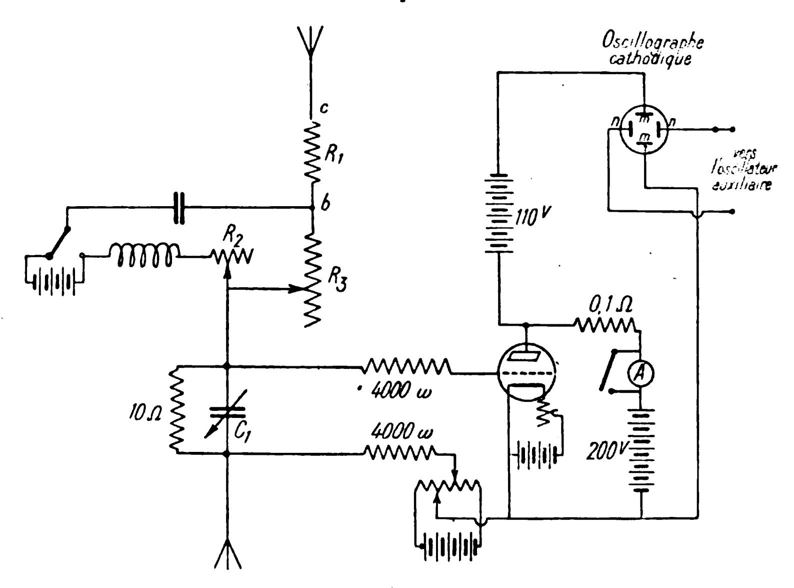
Il semble, en général, que les atmosphériques proviennent de la terre plutôt que de la mer. Pour la France, les observations de M. de Bellescize indiquent un maximum important de perturbations dans la direction Sud-Est, ce qui avait été observé à Meudon.

Au sujet de l'élimination des atmosphériques, on a pensé pendant longtemps qu'il serait utile de connaître exactement leur origine et leur nature. Mais il semble aujourd'hui que cette connaissance ait peu d'importance au point de vue technique. Cette question présente, malgré tout, un très gros intérêt scientifique et météorologique.

Suivant les longueurs d'ondes employées, les troubles sont plus ou moins importants. Ainsi W. Watt a remarqué que les perturbations qu'il observait sur des ondes inférieures à 2.000 m. étaient

plus faibles que celles qu'il observait sur 20.000 m. Par contre, Taylor a observé à Honolulu que des stations à faible longueur d'onde enregistraient des perturbations nombreuses et violentes, tandis que les stations voisines, de plus grande longueur d'onde, étaient moins troublées et inversement.

W. Watt a inauguré une nouvelle méthode d'observations qui a déjà donné des résultats très importants.



Watt reçoit les atmosphériques sur une antenne rendue apériodique par l'insertion d'une très forte résistance. La capacité C_1 équivalente à la capacité de l'antenne est insérée entre celle-ci et le contrepoids. La résistance R_3 et le dispositif de gauche ont pour but de produire des chocs artificiels pour vérifier le fonctionnement au cours des observations. Une lampe amplificatrice est montée aux bornes de C_1. La différence de potentiel amplifiée est amenée aux deux armatures *m*, *m* d'un condensateur placé dans l'oscillographe cathodique. Un oscillateur auxiliaire est tranché aux armatures *n*, *n* d'un deuxième condensateur. Cette hétérodyne a pour but de provoquer le balayage du pinceau cathodique et trace l'axe des temps. Le condensateur *m m* provoque des déviations perpendiculaires, proportionnelles aux différences de potentiel à mesurer.

Le pinceau cathodique tombe sur un écran fluorescent où, par suite de la persistance de la fluorescence, il est possible de dessiner les oscillogrammes observés (méthode dite : « eye and hand »). Cette méthode d'observation présente un certain désavantage : elle ne permet pas d'observer des courants de fréquences supérieures à 30.000 périodes par seconde, soit 10.000 m. de longueur d'onde. A ce point de vue, il est préférable d'employer les méthodes photographiques qui sont plus onéreuses.

Les champs électriques produits par les perturbations atmosphériques sont évalués, par Austin, à 1,5 millivolt par mètre. W. Watt a pu mesurer les valeurs instantanées et déterminer le signe du champ. Ces valeurs sont à rapprocher de celles produites par les émissions radioélectriques connues.

Quant à l'origine des perturbations, un grand nombre proviennent des décharges orageuses plus ou moins lointaines. Les bruits perçus sont classés parmi les claquements. Les « grinders » s'observent même par un ciel très clair sur de très grandes étendues. De Groot estime qu'ils sont causés par le choc sur les régions élevées de l'atmosphère, de particules cosmiques que la Terre balaie dans son mouvement autour du Soleil. D'autres auteurs pensent que les « grinders » et autres perturbations, sont causés par des décharges électriques se produisant dans la haute atmosphère, ou par des tempêtes électriques.

Enfin, les recherches faites à l'Institut de géophysique de Strasbourg ont pu établir une relation très nette entre les directions dans lesquelles les perturbations étaient les plus fortes et les emplacements des dépressions ou, plus exactement, les accidents importants des courbes isobares. De son côté, W. Watt a constaté que les directions les plus troublées passaient généralement sur des zones de pluie.

Le récepteur Reinartz (*Radioélectricité* : mars et avril 1923). — La figure ci-après permet de se rendre compte du principe et des caractères généraux du récepteur Reinartz. Le circuit primaire est apériodique ; on peut donc se servir d'une antenne dont la longueur d'onde propre est plus grande que celle des ondes à recevoir,

c'est-à-dire recevoir sur plusieurs longueurs d'onde différentes sans procéder à un nouveau réglage du circuit antenne-terre.

Ce procédé ne va pas sans quelques inconvénients, mais si la réception est moins intense qu'avec un appareil ordinaire à réaction, par contre, l'audition est beaucoup plus pure et se ressent moins des perturbations dues aux parasites.

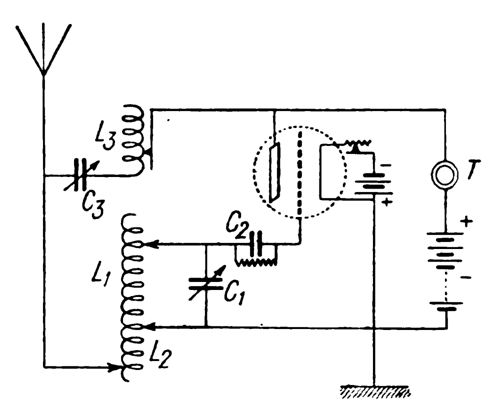


Schéma de principe du récepteur Reinartz.

L_1 bobine d'accord, L_2 self-inductance d'antenne, L_3 bobine de réaction, C_1 condensateur d'accord, C_2 condensateur de détection, C_3 condensateur de réaction, T téléphone.

M. Adam décrit ensuite plusieurs variantes dont il représente schématiquement le montage : 1° dispositif à réaction ; 2° dispositif avec amplification à basse fréquence et réaction ; 3° dispositif avec amplification à haute fréquence ; 4° dispositif dans lequel les selfs-inductances L_1 et L_2 constituent les deux parties d'un variomètre et où l'on a introduit une liaison réactance-capacité.

PÉRIODIQUES EN LANGUES ÉTRANGÈRES

Les ondes hertziennes les plus courtes que l'on ait jamais produites (E.-F. Nichols; *Popular Radio :* juillet 1923). — Maxwell déclarait que la lumière est une perturbation électrique de l'éther produite par les vibrations extraordinairement rapides de charges électriques émises par la source lumineuse. Une des grosses difficultés pour faire admettre que les ondes lumineuses étaient des

ondes électriques provenait de ce qu'en ce temps-là, personne ne pouvait produire des ondes électriques pour servir de terme de comparaison et aussi de ce qu'on ne savait s'il était possible d'engendrer des ondes électriques.

Dans les dix années qui suivirent, Helmholtz appela l'attention d'un de ses brillants élèves sur cette question. Cet élève était Henri Hertz qui, plus tard, produisait au laboratoire des ondes d'environ deux pieds (0 m. 60) de long, puis s'en servait pour réaliser des expériences prouvant que, comme la lumière, ces ondes étaient réfléchies par un miroir, réfractées par un prisme et voyageaient dans l'espace avec la vitesse de la lumière.

Les disciples de Hertz reprirent la question et la traitèrent de deux manières différentes. L'Italien Righi et plusieurs autres savants étudièrent des ondes électriques de plus en plus courtes et reprirent avec elles les expériences classiques de l'optique. Sir Olivier Lodge, G. Marconi et divers chercheurs eurent l'idée d'utiliser les ondes électriques comme un moyen de communication à distance. Ils étudièrent des ondes de plus en plus longues parce que celles-ci vont plus loin et parce qu'elles sont moins facilement arrêtées par les obstacles naturels. Chacun sait que Marconi a réussi, que nous lui devons la radiotélégraphie commerciale et, enfin, que l'invention de la lampe constitue la grande merveille de la radiotéléphonie. Donc, Hertz travailla avec acharnement à la découverte d'ondes électriques qui permettaient de vérifier les déductions de Maxwell, à savoir que les ondes lumineuses sont des ondes électriques. Sa découverte et les conséquences qu'elle entraîna sont une preuve des résultats pratiques qui découlent directement des travaux abstraits des chercheurs doués d'un remarquable esprit scientifique.

En même temps que se poursuivaient les études relatives aux ondes électriques nouvellement découvertes, les savants reprenaient les recherches relatives aux ondes lumineuses et thermiques. Les chercheurs étudièrent le prolongement du spectre au delà du rouge visible et atteignirent la région des longueurs d'onde de l'ordre d'un dix-millième de pouce, c'est-à-dire cinq fois la longueur d'onde de la lumière jaune. C'est alors que le professeur Langley com-

mença ses travaux (1883) et quadrupla la région connue des longueurs d'onde lumineuses. Quatorze ans après, Rubens et Nichols trouvèrent une nouvelle méthode permettant d'isoler la plus longue radiation d'une source lumineuse, flamme de bougie ou manchon à gaz Welsbach. Cette méthode permit d'aller plus loin que Langley ne l'avait fait et d'explorer les régions les plus reculées du spectre obscur. Rubens et Wood perfectionnèrent la méthode et, en 1911, on était arrivé à isoler des ondes lumineuses longues d'un soixante-quinzième de pouce, à les mesurer et à les étudier dans leurs propriétés. Mais il restait encore une région inexplorée comprise entre les ondes électriques les plus courtes et les ondes thermiques les plus longues, car les disciples de Hertz et de Righi s'étaient trouvé arrêtés au voisinage des ondes longues d'un tiers de pouce.

A la suite d'essais poursuivis dans les laboratoires « Nela » de Cleveland (Ohio), le Docteur J. D. Tear et l'auteur ont réussi à produire et à utiliser des ondes électriques de l'ordre d'un centième de pouce.

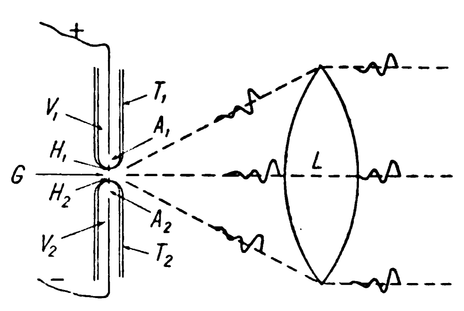


Fig. 1. — Comment fonctionne l'oscillateur.

La figure 1 représente les parties essentielles de l'oscillateur : H_1 et H_2 représentent deux petits cylindres en tungstène séparés par l'étroit entrefer G ; le tout baigne dans de la kérosine. Les cylindres en tungstène sont soudés sur l'extrémité fermée des tubes en verre T_1 et T_2 ; c'est là que prennent naissance les ondes électriques. Cette sorte de doublet de Hertz est excité sous l'effet des charges à potentiel élevé débitées par une bobine d'induction reliée aux conducteurs V_1 et V_2. Les charges traversent les intervalles A_1 et A_2, jusqu'à ce que, entre H_1 et H_2 il y ait une différence de poten-

tiel suffisante pour qu'une étincelle se forme en G dans la kérosine; il en résulte une décharge oscillante de courte durée qui donne naissance à un train d'ondes représenté schématiquement sur la figure 1. La longueur de ces ondes dépend des dimensions et du montages des cylindres en tungstène H_1 et H_2. Pour les plus courtes ondes obtenues, H_1 et H_2 avaient un diamètre d'une longueur de deux cent cinquantième de pouce.

Les radiations divergentes de l'oscillateur sont transformées, par la lentille en paraffine L, en une sorte de faisceau, et après réflexion dans un ondemètre, sont recueillies par une lentille semblable et dirigées vers la partie sensible d'un dispositif suspendu à l'intérieur de la boîte du récepteur. Ce récepteur a été construit spécialement ; son fonctionnement est basé sur les principes suivants :

1° Toutes les fois que des ondes électriques tombent à la surface d'un conducteur, elles produisent dans les couches superficielles du conducteur des courants oscillatoires très faibles ayant même fréquence que les ondes incidentes. Par suite de la résistance du conducteur, ces courants se transforment en chaleur et le conducteur s'échauffe légèrement.

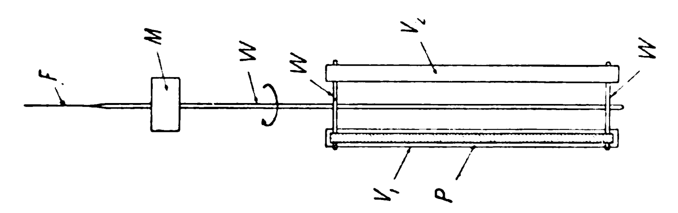


Fig. 2. — Le récepteur suspendu (considérablement agrandi).

2° Les méthodes les plus sensibles employées pour mesurer les légères différences de température ont été découvertes par feu William Crookes qui a constaté qu'une surface légèrement chauffée dans un vide partiel subit une légère force de répulsion.

Ces principes rappelés, on n'éprouvera nulle difficulté à comprendre le schéma de la figure 2. La carcasse du système est formée de filaments très minces en verre étiré W ; l'ensemble est suspendu au couvercle de la boite du récepteur par un fil très fin F en fibre de quartz. Le système est mobile autant que la torsion de F le

permet. V_1 et V_2 sont des lamelles de mica fixées aux traverses. Immédiatement devant V_1 et V_2 se trouve une lamelle de mica très étroite revêtue d'un dépôt de platine P. Quand les ondes électriques frappent le dispositif, les lamelles P s'échauffent et l'effet Crookes tend à faire tourner l'ensemble ; la fibre de quartz en se tordant limite ce mouvement. L'expérience prouve que, dans des conditions convenables, l'angle de torsion de la fibre est proportionnel à l'intensité des ondes électriques qui frappent le dispositif. Tout contre le récepteur et à sa gauche se trouve une lunette qui sert à lire l'angle de rotation sur le miroir M visible à travers une petite ouverture pratiquée dans la boîte du récepteur. Le poids du dispositif ne dépasse pas un milligramme ; la différence de température qu'il sert à mesurer n'atteint certainement pas un dix-millionème de degré.

L'ondemètre permet de mesurer les longueurs d'onde par la méthode utilisant les phénomènes d'interférence. Le faisceau électrique émis tombe par fractions égales sur deux miroirs parallèles M_1 et M_2. Lorsque M_1 se trouve légèrement en arrière de M_2, le train d'ondes réfléchi par M_1 a parcouru un chemin plus long que le train d'ondes réfléchi par M_2. Il se trouve donc en retard lorsque les deux moitiés du faisceau arrivent au récepteur. En décalant convenablement M_1 par rapport à M_2, on arrive à faire coïncider les crêtes d'ondes d'un faisceau avec les premières crêtes d'ondes de l'autre, et alors les deux faisceaux se renforcent mutuellement. D'autre part, on peut faire coïncider les crêtes de l'un avec les creux de l'autre, auquel cas les deux faisceaux s'affaiblissent l'un l'autre. Les positions successives qu'occupe le miroir M_1 pour produire renforcements et affaiblissements des faisceaux, permettent de mesurer directement la longueur d'onde de la radiation.

Mais cet ondemètre ne renseigne pas sur la forme des ondes : c'est pourquoi on a imaginé un appareil tout différent (fig. 3). Le nouvel ondemètre a la forme d'un escalier ; il est composé de huit plaques semblables en laiton appuyées, comme l'indique la figure, contre une plaque en verre inclinée, dont on fait varier la pente au moyen d'une vis micrométrique qui appuie sur son sommet. La figure 3 (B) montre comment le train d'ondes est divisé après

avoir frappé les plaques en laiton *A* ; *C* représente l'onde telle qu'elle arrive au récepteur après réflexion. En faisant varier en profondeur la position des plaques, l'une par rapport à l'autre, on peut analyser les trains d'ondes et en déduire à la fois la forme et la longueur de celles-ci.

La grande simplicité des principes appliqués et celle non moins grande des appareils utilisés permettent difficilement de se faire une idée exacte de la petitesse extrême des effets mesurés et des grandes difficultés expérimentales qu'il a fallu vaincre. Pourtant, en mettant à profit ces principes et ces appareils on est arrivé à produire et à mesurer des ondes électriques d'un centième de pouce et, en outre, à enregistrer et à mesurer des ondes thermiques d'un soixante-quinzième de pouce émises par des corps chauds. Pour la première fois on a donc pu obtenir et comparer entre elles des ondes thermiques et électriques de même longueur; on a reconnu qu'elles étaient identiques. Ces expériences ont donné des résultats qui

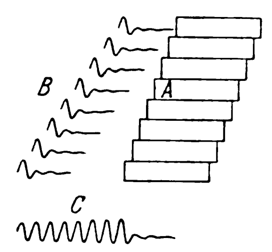


Fig. 3. — Schéma du fonctionnement du nouvel ondemètre.

complètent ceux obtenus à la suite d'une longue série d'études et confirment la théorie électromagnétique de la lumière due à Maxwell.

Il en résulte finalement que non seulement les radiations émises par les corps incandescents (infra-rouge, lumière visible, ultra-violet), mais encore les rayons X, les rayons gamma du radium, sont des ondes électriques. Le spectre vrai des ondes électriques se trouve ainsi considérablement étendu puisqu'une onde hertzienne de 20 kilomètres est vingt millions de billions de fois aussi longue qu'une onde gamma.

On constate avec surprise combien est étroite la gamme des

ondes lumineuses perceptibles à l'œil nu. Du violet foncé au rouge foncé la longueur d'onde passe de 15 à 31 millionièmes de pouce. On ne saurait représenter sur une carte à une échelle quelconque le spectre complet des ondes électriques, car si l'on donne au spectre visible une longueur d'un quart de pouce, le spectre des rayons ultra-violets, des rayons X et des rayons gamma, se trouverait à gauche du premier et occuperait un espace d'un quart de pouce également ; sur la droite on aurait le spectre de l'infra-rouge, qui embrasse toute la gamme des ondes hertziennes, à une distance de 160.000 kilomètres des premiers spectres !

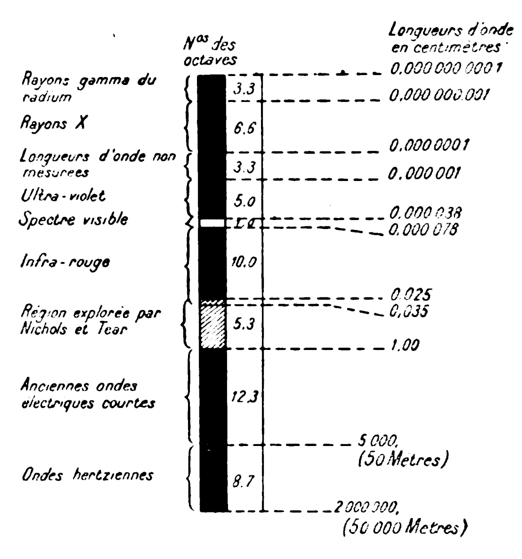


Fig. 4. — Spectre complet des ondes électriques.

Toutefois, on peut représenter le spectre des ondes électriques en procédant par octaves comme l'indique la figure 4. A gauche, on trouve les noms historiques des différentes régions du spectre ; à droite, les longueurs d'ondes limites des zones, longueurs exprimées en centimètres.

On remarquera que les corps incandescents nous donnent les rayons ultra-violets, visibles et infra-rouges, mais non les rayons X et les rayons gamma, ni ce qu'on a l'habitude d'appeler des ondes électriques. Les pulsations électriques ou ondes partielles sont

produites par des perturbations atmosphériques et les rayons gamma ont une origine naturelle : la désintégration des corps radioactifs.

L'emploi des machines dans le service télégraphique.

The Telegraph and Telephone Journal : mars 1922. — A première vue on pourrait croire que le service télégraphique offre de larges possibilités d'introduction d'un mécanisme tendant à épargner le travail de l'homme.

La transmission des télégrammes semble être un genre de travail particulièrement désigné pour l'utilisation de machines, de même que le transport des formules d'un point à un autre des salles d'appareils paraît se prêter à un transfert mécanique. Pourtant, on doit à la vérité de dire que, jusqu'à l'époque de la guerre, où la diminution du nombre des morsistes donna une impulsion — qui heureusement persiste — à l'emploi d'appareils tels que le Baudot et le Western Electric, le service télégraphique intérieur de ce pays était pratiqué à la main, à la vitesse de la main.

De toutes les machines susceptibles d'être utilisées dans un bureau télégraphique, la machine à écrire vient tout de suite à l'esprit comme renfermant le plus de promesses. Depuis plusieurs années, on a fait ressortir les grands avantages à recueillir de l'emploi des machines à écrire. Les espoirs furent séduisants mais, dans notre pays, les progrès accomplis ont été désappointants. En Amérique et dans la plupart des colonies britanniques, la machine à écrire est un organe hautement apprécié du service télégraphique. Les télégraphistes s'en servent aussi naturellement que l'opérateur britannique se sert de son crayon ; mais, dans les bureaux télégraphiques britanniques, elle est considérée comme un objet d'ordre secondaire. Son usage est réduit à la transcription des messages de presse, reçus au Wheatstone sur des circuits spéciaux.

Des machines de Gell et Kleinschmidt possèdent un clavier de machine à écrire et un emporte-pièce, qui perfore les bandes destinées à l'usage du Wheatstone ; elles ont été fournies à plusieurs bureaux mais, bien que leur utilisation ait donné des résultats satisfaisants, on ne peut pas dire qu'elles soient populaires, et l'on peut affirmer, d'une façon générale, que le personnel préfère l'usage du vieux système de perforation à la main.

*
* *

Examinons maintenant les détails des méthodes du dépôt des télégrammes.

L'action de prendre les télégrammes du public aux guichets télégraphiques ne se prête guère à l'emploi d'auxiliaires mécaniques.

Cependant, tout récemment, l'attention a été attirée sur un type de caisse enregistreuse, utilisée aux colonies britanniques, et l'on a pu faire l'essai d'une machine semblable au guichet télégraphique d'un bureau très chargé.

Un télégramme présenté par un expéditeur ne lui est plus rendu maintenant avec les timbres à apposer; il est placé sur une plateforme de la machine et le montant de la taxe, le numéro de série, la date et le lieu d'origine sont simultanément imprimés, en même temps qu'une lettre désignant personnellement le taxateur.

Le montant de la taxe est visible pour l'expéditeur, et l'impression des différents détails de la taxe se fait sur une bande continue. Chaque agent taxateur possède une lettre qui le désigne et qui est immobilisée pendant ses absences. Cette lettre est frappée devant toute opération et permet ainsi de faire l'addition des sommes reçues par chacun des taxateurs.

Les résultats obtenus pendant les premiers essais sont encourageants; il serait toutefois prématuré de conclure définitivement que cette machine est économique.

*
* *

Nous arrivons maintenant à l'acheminement du guichet à l'appareil. Avant la guerre, environ 400 des tubes, utilisés dans ce but et pour la transmission des télégrammes de la salle des appareils à la salle de remise, étaient équipés avec des pompes à main. Ce modèle est bruyant, demande parfois beaucoup de force et est disgracieux derrière un guichet. Il est à espérer qu'il sera possible, avant longtemps, de remplacer ces tubes à main par un système plus moderne.

Le plus récent système de tubes, installé dans nombre de bureaux

de poste, dans ces dernières années, est excellent au point de vue trafic.

Le nombre d'opérations se rapportant à l'envoi et à la réception du curseur est réduit de 8 à 3, comparé au plus vieux système qu'il remplace, et l'espace nécessaire pour la place de l'appareil est, de beaucoup, moindre qu'auparavant.

Dans les salles de transmission, on emploie, depuis plusieurs années, des cordes à curseurs pour l'acheminement des télégrammes entre la table de tri et les points secondaires ; ce système marche très bien, mais sa vitesse est lente et son entretien coûteux.

Le système mécanique idéal, pour la circulation intérieure des télégrammes, est celui qui, assez complet, élimine la main-d'œuvre : la « Lamson Carrier Installation », à Birmingham, qui approchait de cet idéal, comportait de tels désavantages qu'elle a dû être grandement modifiée.

Ce système Lamson avait pour but de déposer et de prendre les télégrammes à chaque station. Cependant il était très encombrant : son installation s'accommodait mal des irrégularités matérielles de la salle et sa surveillance était très difficile. Il faisait beaucoup de bruit ; les télégrammes étaient fréquemment déchirés.

Il a été décidé dernièrement de modifier le montage de telle sorte que chaque bras, partant du centre, desserve deux groupes de tables, avec collecte et distribution humaine pour chacun de ces groupes. Cet arrangement a été adopté comme type, et, si aucun autre système perfectionné ne surgit, le « Lamson » sera graduellement substitué aux curseurs à cordes actuels.

Dans certains grands bureaux des Etats-Unis, des ceintures roulantes sont utilisées pour le transport des télégrammes ; ces ceintures courent le long de chaque table et se délestent sur des ceintures transversales. Il peut y avoir là quelque chose d'intéressant bien qu'un système de ceintures semblables ait été introduit à Amsterdam et n'ait pas donné les résultats attendus.

*
* *

J'arrive maintenant aux moyens rapides d'acheminement des télé-



grammes. Sur les lignes à trafic trop restreint pour justifier l'emploi de systèmes multiples, l'emploi d'un simple appareil imprimeur peu coûteux, travaillant avec une vitesse plus grande que celle du Morse, est désirable au point de vue trafic. Tel est, par exemple, le « télétype » de la « Morkum Telegraph Company of America ». Le système de transmission est une adaptation du Hughes et du Baudot. Un alphabet de 5 signaux est employé, avec une combinaison spéciale pour déclancher ou arrèter le mouvement du mécanisme.

Un appareil, du genre machine à écrire, avec clavier universel, est employé pour transmettre ; l'abaissement d'une touche prépare la combinaison d'une lettre et actionne le transmetteur rotatif.

A la station réceptrice, les signaux reçus actionnent un électro-aimant et la lettre est imprimée (principe Baudot). Cet appareil permet de donner un travail normal de 40 mots à la minute.

Un instrument intéressant, lancé par la Telewriter Company de Londres, consiste, en principe, en deux machines à écrire, une à chaque extrémité d'un circuit en boucle, sur lequel est superposée une communication supplémentaire. Le fonctionnement s'obtient par l'intermédiaire de relais, les combinaisons étant transmises en abaissant les tiges du clavier.

Les tiges des types, dans l'appareil récepteur, sont actionnées par l'air comprimé. Comme il n'y a que 24 combinaisons possibles et comme l'une d'entre elles doit être employée comme intervalle, il reste 23 signaux utilisables dans la série des lettres et 23 dans l'autre série.

Trois lettres « Q » « Y » « Z » sont produites dans la série des chiffres. La vitesse de transmission est grande, et peut atteindre 60 à 70 mots à la minute. Ce système cependant donne lieu à plusieurs objections d'ordres divers. Un circuit fermé est essentiel et le besoin d'air comprimé exige l'usage d'un compresseur d'air. On se propose de faire des essais de cet appareil entre le Poste Central télégraphique et le bureau satellite de Victoria Street.

L'appareil dénommé « Start Stop », de la Western Electric Company, est un instrument du même ordre, mais son prix actuel est trop élevé.

En ce qui concerne les appareils télégraphiques multiples et auto-

matiques à grande vitesse, qui conviennent à l'exploitation des lignes très chargées, il est aisé de démontrer la supériorité économique du Baudot, du Western Electric, du Murray, du Siemens et du Creed sur le vieux système à transmission manuelle, mais il est, en réalité, extrêmement difficile de déterminer les valeurs comparatives de ces différents systèmes et même des formes différentes d'un même système. Nous ne savons pas encore, par exemple, si le système comportant clavier de machine à écrire et transmetteur automatique est, d'une manière appréciable, plus économique que le système Baudot, qui envoie directement les signaux sur la ligne. Avec ce seul objet en vue, on a organisé, il y a quelque temps, un essai prolongé entre deux quadruples multiples en duplex, appropriés au clavier de machine à écrire et transmetteur automatique, d'une part, et deux Baudot quadruples duplex, manœuvrés à la main, d'autre part.

Pendant les quatre semaines que dura l'enquête, on put constater que les circuits à transmission automatique avaient transmis, à la station A, 110.000 télégrammes, avec un total de 6.160 heures-opérateurs, tandis que 95.700 télégrammes étaient directement transmis à la main, à la station B, avec 6.720 heures-opérateurs. C'est-à-dire que la transmission automatique comportait un rendement supérieur de 14,9 pour cent avec un personnel moindre de 8,5 pour cent; en d'autres termes, à égalité de personnel, les claviers de machine à écrire accroissaient le rendement de 25 pour cent.

Les chiffres représentant le temps inoccupé par suite de manque de trafic étaient notés ; toutefois ces chiffres ne sont corrects que si les temps d'arrêt sont notables, tandis que les périodes de deux minutes ou moins étaient très peu nombreuses. Cependant le total enregistré réellement pendant le mois d'essai atteignit le chiffre de 529 heures-lignes sur les circuits à transmission automatique et 382 sur ceux utilisés pour la transmission manuelle.

Considérons maintenant les rectifications, qui constituent l'épouvantail de la télégraphie.

On doit tout d'abord remarquer que, dans le cas des circuits à clavier de machine à écrire, l'opérateur devançant la vitesse de transmission automatique des signaux, il arrive qu'il peut y avoir plusieurs

télégrammes à transmettre sur le bout de bande en attente ; de sorte que, lorsque l'opérateur veut poser une question à son correspondant celle-ci doit attendre son tour de transmission. De même, à l'autre extrémité de la ligne, quand la réponse est perforée, elle n'est pas transmise immédiatement. Ainsi un temps précieux est perdu et les télégrammes en rectification attendent.

Avec les circuits « Baudot », la question posée est instantanément reçue par l'office correspondant.

Dans le mois envisagé, 8.952 rectifications (ou une pour 12,3 télégrammes) furent enregistrées au compte des appareils à transmission automatique et 7.130 (ou une pour 13,4 télégrammes) au compte des appareils « Baudot », d'où un avantage d'environ 9 pour cent en faveur des derniers. Le temps moyen, mis à effectuer la correction des télégrammes erronés, fut de 8,7 minutes sur les premiers et de 5,1 minutes sur les seconds.

On pourrait penser que la faculté de taper plus ou moins rapidement dût se traduire par un rendement supérieur à celui de l'appareil Baudot manuel, où l'observation de la cadence apparaît comme une restriction, mais néanmoins la vérité déconcertante est que les comptes rendus périodiques du rendement n'indiquent pas jusqu'à ce jour une supériorité bien marquée du système automatique.

Le perfectionnement du multiple devrait être dirigé vers le mode d'impression des copies. Coller une bande de Baudot sur une formule est une opération plutôt malpropre et le résultat n'est pas de bon effet. D'autre part, le rouleau de papier continu, en usage sur les appareils « Western Electric », fournit des formules de télégramme si défectueuses, que la dignité du « British Post Office » lui interdit d'en conserver l'emploi. Les difficultés actuelles pour découvrir une méthode satisfaisante et économique de confectionner les formules, sont indubitables, mais on est en droit d'espérer qu'elles seront bientôt surmontées.

Le système Wheatstone, auquel sont adaptés des appareils à impression et « reperforateurs » Creed, est actuellement en faveur pour la transmission simultanée des télégrammes de presse d'une ville à plusieurs autres, sur des fils spéciaux. La bande perforée de réception, peut être traduite à l'aide d'une machine imprimeuse, si le

télégramme lui est destiné, ou être passée dans un transmetteur Wheatstone si le télégramme est à destination d'une autre ville.

L'impression et le classement des copies de transit se trouvant supprimés, il est évident que le gommage de la bande imprimée Creed sur une formule convenable et la remise au destinataire fournissent une méthode rapide d'écouler le trafic des télégrammes de presse. Quand le nombre des destinataires des télégrammes multiples n'excède pas trois, on obtient trois bandes imprimées en faisant usage de triples rubans, mais là où plusieurs copies doivent être faites, c'est le cas à Manchester, une machine à copier « Victoria » ou « Ronso » est employée. Le système Creed est ainsi très expéditif et son usage entraîne une grande économie de travail.

La possibilité de procurer des facilités similaires au trafic de presse, au moyen des appareils multiples, qui devraient être nécessairement du type à transmetteur automatique, a, bien entendu, attiré l'attention, mais l'étude de la question est encore peu avancée, pour l'instant.

*
* *

L'ancien tableau central télégraphique avait beaucoup d'inconvénients au point de vue trafic. D'importantes améliorations ont été apportées dans le nouveau modèle.

Un tableau automatique, qui paraît remplir admirablement les conditions requises au point de vue trafic, a été présenté par l'Ingénieur en Chef, et une installation est expérimentée à Leicester.

*
* *

Les opérations initiales à effectuer pour la remise des télégrammes, à leur arrivée, sont : timbrer et numéroter. Jusqu'ici, en général, les deux opérations se faisaient séparément ; des essais ont été faits, dans le but de les combiner, et il a été trouvé que, en fixant, sur la machine à numéroter, une plaque spéciale, au-dessus de la série des nombres, on obtiendrait une impression simultanée du nom, du bureau et de la date, ainsi que le numéro.

Le système de remise des télégrammes par téléphone se développe graduellement ; mais il y aura toujours une grande proportion qui

nécessitera une remise en mains propres, et la question des aides mécaniques, pour augmenter la vitesse de remise et économiser une dépense de personnel, est aussi digne d'attention que dans les autres parties du service télégraphique. La méthode évidente est une plus grande utilisation de la bicyclette, mais jusqu'ici l'usage de cette machine a été restreint. Toutefois la récente entrée en vigueur du système de remise par tournées fixées à l'avance, a conduit à faire un usage plus grand des bicyclettes, et il y a lieu d'espérer que le nombre des machines utilisées ira en augmentant.

INFORMATIONS ET VARIÉTÉS

Remarques sur l'organisation et sur les fonctions d'administrateur (1). Qu'est-ce que l'organisation ? Pourquoi y a-t-il une organisation ? Quel rôle incombe à l'administrateur ? On parle beaucoup d'organisation dans le monde des affaires. On dit de tel individu qu'il est un grand organisateur ; de tel autre qu'il est un administrateur remarquable. On entend assez souvent parler des « capitaines d'industrie ». Dans les affaires, il est de plus en plus question de « commissions » et de « conférences ». Tous ces termes caractérisent certains organes d'un mécanisme grâce auquel les affaires modernes peuvent être conduites et développées.

L'organisation avec tout son mécanisme n'est pas un but en soi, mais seulement le moyen d'atteindre certains résultats souhaités. Ceci semble tellement évident qu'il paraît superflu d'en parler ; pourtant, si l'on ne se tient constamment sur ses gardes, il est facile d'oublier ce qui est l'évidence même. Nous devons étudier sans cesse notre organisation en vue de nous assurer si elle est vraiment ce qu'elle doit être pour donner de bons résultats. De plus, il ne faut pas oublier que si elle est un instrument, (un instrument indispensable dans la majorité des cas), elle n'est pas le seul dont on ait besoin pour obtenir de bons résultats.

L'organisation est un instrument, de construction plutôt simple. La seule difficulté est d'analyser tout d'abord la tâche à remplir. Voici par exemple cinq personnes qui s'associent pour construire en commun une maison d'habitation ; il ne faut pas que chacune se mette à acheter du bois de charpente, à retenir un architecte, à faire creuser les fondations. Il faut avant tout que ces personnes établissent un plan, fassent l'estimation de ce qui leur est nécessaire, puis s'entendent sur les moyens de réalisation. A ce moment le problème qui se pose est un problème d'organisation, dont la solution indiquera la tâche qui

(1) W. S. Gifford, *Bell Telephone Quaterrly*, juillet 1922.

incombe à chacun suivant ses aptitudes particulières et la nécessité de choisir celui qui sera chargé de coordonner les travaux.

L'organisation est un moyen pour arriver à une fin. — Qui dit organisation dit ordre. Il peut arriver que nous soyons tellement fascinés par l'organisation elle-même, tellement passionnés par la besogne d'organisation que nous tombions dans l'exagération. Il se peut par exemple que nous soyons tellement épris d'organisation que nous renoncions à un système d'organisation, qui pourtant à fait ses preuves par ailleurs, simplement parce qu'il ne peut être nettement tracé.

Celui qui aime l'ordre et la méthode est exposé à de réelles tentations. Il trouvera sa sauvegarde en conservant toujours présent à l'esprit le but à atteindre et en dressant tous ses plans sans perdre de vue ce but. Pour être un bon organisateur, il faut un jugement sain, une aptitude naturelle à percevoir nettement le but à atteindre, un esprit analytique et un certain amour de l'ordre. Un réel organisateur est toujours un créateur ; c'est un homme doué d'une imagination créatrice qui lui permet d'apercevoir le but poursuivi.

A beaucoup d'entre nous on a demandé, à différentes reprises, un bon livre sur l'organisation. Il est exact qu'on peut écrire d'excellentes choses sur les principes de l'organisation, mais il n'est pas moins vrai qu'on ne saurait composer un ouvrage indiquant avec certitude les entreprises, les travaux particuliers qu'il convient d'organiser. Les études et les ouvrages relatifs à l'organisation peuvent préciser le problème à résoudre, indiquer les principes fondamentaux qui aideront à trouver la bonne solution, mais il n'existe pas d'ouvrage où vous puissiez trouver une solution sûre du problème particulier devant lequel vous êtes placé.

L'organisation des affaires n'est pas un problème mathématique. Il est vrai, par exemple, qu'il n'existe probablement pas d'administrateur ayant sous ses ordres plus de cinq ou sept personnes chargées de lui rendre compte. Ceci est dû à ce que la moyenne des individus ne peut raisonnablement cumuler un grand nombre de fonctions. Un homme exceptionnel peut juger qu'il remplira à la perfection son rôle d'administrateur si dix ou douze personnes lui rendent des comptes ; tel autre, non moins bon administrateur, préférera que trois personnes seulement lui rendent compte. En d'autres termes, il ne vous est pas

possible d'échapper au côté humain de l'affaire et au fait que vous n'avez pas affaire à des machines mais à des êtres humains. Si bien que même après avoir organisé les services et trouvé l'organisation théoriquement la meilleure, vous reconnaîtrez toujours la nécessité d'apporter certains changements à l'organisation théoriquement parfaite, et cela pour tenir compte des caractères et des tempéraments des individus à qui sera confiée l'exécution du travail. C'est une très bonne tactique d'avoir toujours en vue la perfection et de s'efforcer d'y atteindre ; mais il faut éviter à tout prix de grouper des êtres humains suivant un plan théorique lorsqu'ils ne conviennent pas.

Devoirs de l'administrateur. — L'administrateur peut se borner à faire exécuter les plans et programmes qui lui ont été tracés. Tel est bien là le premier devoir de l'administrateur. Il aura affaire à des hommes et à des femmes ; donc, il devra montrer de la sympathie, avoir du tact et de l'énergie ; il faudra qu'il sache quand il convient de se montrer ferme ou conciliant. Il faudra que son esprit soit éveillé, capable de voir plusieurs choses à la fois ; mais, il ne devra pas se perdre dans les détails. Il devra examiner les résultats positifs et faire la différence entre une exécution réelle et un semblant d'exécution. Mais surtout, il sera juste et bon pour ses subordonnés et devra toujours rester le chef.

Mais le chef de service sera encore autre chose : il sera aussi un administrateur proprement dit. On lui demande non seulement de faire exécuter des plans et programmes tracés d'avance, mais encore de proposer certains plans et programmes, d'en poursuivre l'exécution de sa propre initiative et de faire des propositions intéressant l'ensemble de l'entreprise. Il faut donc qu'il ait de l'initiative, de l'imagination et du jugement. Ces qualités sont naturelles, on ne saurait les acquérir ; toutefois, on peut les développer grâce à l'habitude et à l'expérience.

On peut s'acquitter des fonctions d'administrateur de différentes manières. Parfois un homme sera un administrateur parfait tout en faisant fi des méthodes généralement adoptées lorsqu'il s'agit d'une organisation importante. Toutefois, d'une manière générale, un bon administrateur ne doit pas être surchargé de travail ; il en est spécialement ainsi lorsqu'au travail de direction s'ajoutent des besognes

administratives d'un caractère général. On aurait toutefois tort de croire qu'un administrateur est le modèle du genre parce que son bureau n'est pas encombré de documents. C'est une chose admirable de n'avoir aucun dossier en instance, mais à condition que ce soit la conséquence de certaines méthodes de travail qui n'en mettent pas moins l'administrateur en contact étroit avec ses services et lui permettent de marquer ceux-ci de l'empreinte de sa personnalité.

L'administrateur est plus qu'un agent de liquidation. — Laissez-moi vous rappeler ce que racontait un jeune homme qui, certain jour, avait demandé à un administrateur ce qu'il faisait dans la compagnie. La réponse très modeste de l'administrateur montre bien ce que je veux dire. Donc, l'administrateur répondit qu'il recevait les visiteurs, qu'il s'informait du but de leur démarche et qu'il les adressait au service compétent. Le jeune homme répondit qu'il comprenait très bien parce que, dans les bureaux de son père, il y avait un huissier d'antichambre qui faisait exactement le même travail. Il se peut qu'un administrateur agissant ainsi soit quelque chose de plus qu'un huissier, mais entre les deux la différence n'est pas grande. L'administrateur en question fait une besogne indigne de sa personnalité. Il est une sorte de bureau de liquidation.

Il est évidemment nécessaire que l'administrateur s'assure que le travail est judicieusement réparti dans ses services, mais il est non moins nécessaire qu'il reste constamment en contact avec son personnel et veille à l'exécution du travail qu'il a commandé. Il doit être toujours accessible à ses subordonnés immédiats. A mon avis, cela vaut mieux que d'être toujours visible pour les personnes étrangères à l'organisation. Il doit discuter avec ses subordonnés les problèmes qu'ils ont à résoudre ; il doit les faire profiter de son avis ; il doit saisir toutes les occasions d'entrer en contact avec eux et les obliger à rester en contact avec lui.

En outre, un bon administrateur doit rester, dans une certaine mesure, en contact avec le personnel subalterne, c'est-à-dire avec les employés d'un grade inférieur à ceux qui sont sous ses ordres immédiats et lui rendent compte de la marche des services. De temps à autre, il doit se renseigner directement auprès du petit personnel, mais bien entendu, il ne lui donnera jamais ni ordres, ni instructions

que par le canal de ses subordonnés immédiats. C'est en s'adressant ainsi au premier venu de ses employés que l'administrateur arrive à connaître à fond son personnel et à savoir ce qu'il pense de la besogne qu'il doit accomplir. Cette façon de procéder me semble présenter un réel intérêt malgré qu'on l'ait souvent critiquée du point de vue de l'organisation. Les gens qui aiment l'organisation pour le plaisir d'organiser sentent que toute chose doit « suivre une filière » ; mais alors pour avoir un simple renseignement il faut passer par huit ou dix personnes différentes, puis quand le renseignement est reconnu exact, il faut faire intervenir à nouveau ces huit ou dix personnes pour donner à l'intéressé les instructions arrêtées. Ceci rappelle l'histoire enfantine bien connue : « Le bâton ne frappe pas le chien, le chien ne mord pas le chat, le chat ne mange pas la souris, etc... »

L'exécution du travail. — Il ne faut pas se lasser d'insister sur la nécessité pour un bon administrateur de ne jamais perdre de vue ce qu'il doit s'efforcer d'accomplir. Evidemment ce ne saurait être autre chose que ce qui est un bien pour l'entreprise. Tant qu'elle s'exerce dans ce sens, l'ambition personnelle est une chose excellente, mais le désir de s'élever, le désir de posséder de l'autorité non comme un moyen mais comme une fin, sont des défauts très humains dont il faut se garder lorsqu'on est à la tête d'un service.

En ce qui concerne l'exécution du travail, très souvent il importe peu que tel travail soit exécuté dans une branche de l'organisation ou dans une autre branche. Prise dans son ensemble, l'organisation ne saurait fonctionner s'il n'existait une étroite collaboration entre les divers services ; avec cette collaboration, le fait de confier un travail à tel service plutôt qu'à tel autre n'a souvent pas la moindre importance. Mais lorsqu'un administrateur cherche à faire plus grand au détriment d'un autre administrateur, on voit surgir des difficultés et des conflits. Un bon administrateur est celui qui ne cherche pas à accroître les attributions de ses services, mais qui s'oppose à ce qu'on leur fasse exécuter un travail qui leur est étranger. L'administrateur qui lutte pour accroitre l'importance de son département se condamne lui-même et s'enlève le titre de bon administrateur.

La conduite pratique d'une organisation importante soulève une autre difficulté due à l'absence d'une définition précise de la respon-

sabilité et de l'autorité. Tout administrateur a besoin de savoir exactement où commence et finit sa responsabilité et il est fondé à exiger une autorité qui lui permette de prendre ses responsabilités. Mieux encore : lorsqu'à son tour, il partagera ses responsabilités avec ses collaborateurs immédiats et leur déléguera une parcelle de son autorité, il devra veiller à ce que celle-ci et celles-là soient nettement tranchées et parfaitement comprises. Dans aucun cas il ne devra blâmer un subordonné pour quelque chose qui échappe à l'autorité de ce dernier, car en pareil cas, le subordonné, à qui manque l'autorité, ne saurait être rendu responsable.

Un bon administrateur sait très bien qu'il existe plusieurs moyens, et même plusieurs moyens excellents, pour atteindre un but déterminé, un résultat donné. Il ne témoignera d'aucun parti-pris, n'aura aucune idée préconçue. Il accueillera les contradictions intelligentes, les propositions raisonnables d'où qu'elles émanent ; il renoncera à ses préjugés le cas échéant. Tout en gardant la haute direction sur ses services, il n'insistera pas pour que tout se fasse comme il l'entend, car sans cela il tuerait l'initiative et l'émulation du personnel et transformerait son organisation en une vulgaire machine.

L'art de bien juger les hommes. — Enfin, le bon administrateur doit savoir juger les hommes. Le choix des chefs de service est peut-être sa tâche la plus importante. S'il fait un choix judicieux, il accomplit la partie essentielle de sa tâche. Après avoir choisi ses collaborateurs immédiats, il doit avoir confiance en eux, les conseiller, les guider. Il doit attirer et retenir leur confiance, être sincère et bon pour eux. Un bon général est celui sous les ordres de qui l'état-major et les troupes se plaisent à travailler et à marcher au combat avec enthousiasme.

L'autorité et la responsabilité de l'administrateur étant nettement définies, il reste, comme nous l'avons vu, un autre genre de travail que nous avons appelé la besogne administrative. Ici, il n'est pas possible de préciser l'autorité et la responsabilité relatives aux besognes administratives. La responsabilité est le plus souvent partagée entre les divers administrateurs de l'organisation. La décision finale incombe sans doute au directeur de l'entreprise, mais celui-ci aimera s'entourer des conseils de ceux qui ne sont pas précisément responsables de la question en discussion.

Le directeur de l'entreprise peut prendre conseil des administrateurs en s'adressant à chacun d'eux à tour de rôle ou encore en consultant ceux-là seulement dont l'opinion possède une certaine valeur vu la question à l'étude. Nous connaissons plusieurs administrateurs-nés qui procèdent comme il vient d'être dit en dernier lieu.

A mon avis, les conférences donnent des résultats bien meilleurs. Aux yeux de certains, les conférences sont du temps perdu : on s'y écarte trop facilement des questions en discussion. Il est vrai qu'on y parle beaucoup, mais quand il s'agit de trancher d'importantes questions d'administration, je suis sûr que le temps plus ou moins long consacré aux conférences n'est pas du temps perdu. De la discussion jaillit la lumière.

Il importe dans une conférence que chacun puisse parler à son aise ; que les idées exprimées soient écoutées par tous avec la plus grande bienveillance. Un homme éminent disait un jour qu'il ne faisait pas plus de cas du caractère et de la personnalité des gens que du temps. C'est aller un peu loin ; toutefois, une conférence réunie dans le but de tracer la marche à donner à l'entreprise est un milieu où le tact et la finesse sont moins nécessaires que le droit de parler librement. Je sais que dans le monde des affaires, on admet le plus souvent que les conférences, surtout lentes, ne valent pas l'autorité et la responsabilité d'un homme qui sait s'en servir pour prendre rapidement une décision. Cependant, je suis convaincu que dans une organisation, où des questions importantes sont en jeu et où une autorité et une responsabilité toutes militaires ne sont pas nécessaires, le seul moyen sûr et efficace d'arrêter une marche à suivre est de conférer et de réfléchir longuement. Naturellement c'est le directeur de l'organisation qui se prononce en dernier ressort, puis, agit avec fermeté et confiance une fois sa détermination prise.

Utilité des Commissions. — Les Commissions donnent également, dans certains cas, d'excellents résultats. Une commission diffère d'une conférence en ce sens qu'elle a généralement une responsabilité et une autorité bien définies et parce que les décisions y sont prises à l'unanimité ou à la majorité des voix. La commission est le plus souvent lente, mais lorsque plusieurs branches d'une organisation sont intéressées à la discussion et que chacune est responsable d'une partie de

la réponse, il est convenable dans certains cas que la décision finale soit prise par une commission composée de membres appartenant aux divers services intéressés, en responsabilité collective. Ce n'est pas toujours le coureur le plus vite qui gagne la course ; pour atteindre le but que nous ne perdons jamais de vue, il est des cas où une commission rend les plus grands services.

A mon avis, une commission doit toujours avoir un bon président. Je me souviens que pendant la guerre, le Ministre de la Guerre des États-Unis avait nommé un certain nombre de commissions, composées chacune de plusieurs officiers américains et d'officiers alliés en mission à Washington. On n'avait nommé aucun président de commission. Or, un des officiers alliés les plus distingués fit remarquer respectueusement au Ministre que l'expérience acquise pendant la guerre prouvait que les commissions n'avaient pas grande valeur lorsqu'il n'y avait pas à leur tête un bon président. Toutefois, aucune décision ferme ne fut prise à ce sujet ; quelques jours plus tard, l'inévitable se produisit : les commissions ne purent siéger.

En soi l'organisation est un empiètement sur la liberté. Organisation signifie collaboration et collaborer veut dire travailler pour le bien général. L'orgueil de l'initiative, le désir de se mettre en évidence, la tendance à accroître sa réputation en diminuant, en critiquant autrui, sont contraires au bon fonctionnement d'une organisation. Somme toute, un bon sens commun et un travail opiniâtre combinés à une grande considération pour autrui et à une certaine fierté d'appartenir à l'organisation, suffisent pour que chaque homme s'élève aussi haut que ses aptitudes naturelles le lui permettent, en dépit de l'importance et de la complexité des grandes organisations. Le titre de « capitaine d'industrie » était applicable aux pionniers de l'organisation : c'est du passé. Il faut à la tête des grandes entreprises modernes des chefs qui soient en même temps des administrateurs avisés. Il faut aujourd'hui appliquer aux affaires la science du gouvernement.

Les câbles sous-marins et la concurrence de la T. S. F.

(*Telegr. and Teleph. Age* : avril 1923). — Le gouvernement britannique a déclaré récemment au Parlement qu'il était décidé à

autoriser l'industrie privée à poursuivre la construction de la « Chaîne impériale de stations radiotéléphoniques » dont il a été si souvent parlé. Cette déclaration a attiré une fois de plus l'attention sur les progrès merveilleux réalisés au cours des dernières années dans le domaine de la télégraphie sans fil à longue distance. La vitesse de transmission a été plus que doublée. Il n'y a pas très longtemps, l'administrateur général de la « Marconi Wireless Cy » déclarait à Londres que dans un an la T. S. F. mondiale serait *un fait accompli*. Le glas des compagnies de câbles allait-il donc sonner?

Apparemment, les compagnies en question ne le pensent pas; la preuve en est que plusieurs d'entre elles poursuivent la construction de nouveaux câbles malgré leur prix de revient exceptionnellement élevé. A dire vrai, ceux qui s'occupent d'établir des communications transatlantiques constatent avec surprise que la presse technique et la grande presse font peu de cas de la grande révolution qui se prépare dans la télégraphie sous-marine.

Avant la guerre, la plupart des câbles transatlantiques partaien d'Irlande ou de Penzance (Cornouailles); les points d'atterrissage en Europe étaient reliés au Central de Londres par dès fils télégraphiques ordinaires loués au Post Office britannique. Un télégramme déposé à Londres était transmis au morse à la station de câble qui le retransmettait au Canada ou aux États-Unis où il était reçu sur un enregistreur à siphon.

Aujourd'hui, grâce aux relais automatiques, les bureaux de Londres et de New York sont reliés directement entre eux : aucune retransmission n'est nécessaire en cours de route. La vitesse moyenne de transmission sur un câble transatlantique et de l'ordre de 35 ou 40 mots par minute; elle ne dépasse jamais 50.

Or, on est en train de construire un nouveau type de câble dit « sans distorsion », qui, s'il ne trompe pas l'attente de l'inventeur, facilitera énormément l'écoulement du trafic et exercera une influence marquée sur l'importance relative des télégraphies à longue distance avec et sans fil. Le conducteur du câble sans distorsion est composé d'un alliage spécial d'acier qui neutralise les effets de capacité. La théorie a été exposée par Heaviside; la réalisation pratique a été rendue possible grâce à l'emploi des bobines Pupin utilisées

fréquemment sur les câbles téléphoniques aériens et sous-marins. La neutralisation de la capacité aura pour conséquence : un accroissement de la vitesse de transmission de 300 % au moins et l'introduction de la télégraphie automatique multiple puisque le rendement des câbles transocéaniques pourra atteindre 300 ou 400 mots par minute.

De part et d'autre de l'Atlantique, les ingénieurs des services radiotélégraphiques surveillent attentivement le développement du nouveau câble ; ils se rendent parfaitement compte que si les prévisions de l'inventeur se réalisent, les jours de la T. S. F. à longue distance sont comptés, en ce qui concerne une exploitation commerciale du moins. Il faut constater que malheureusement on n'a pas encore réussi à éliminer les perturbations atmosphériques qui réduisent sensiblement la vitesse des transmissions radiotélégraphiques. A travers l'Atlantique, cette vitesse ne dépasse jamais 30 mots par minute ; à certains moments même, la transmission à une vitesse quelconque est rendue absolument impossible. On ne saurait donc exagérer l'importance d'un câble sous-marin qui pratiquement pourra faire le tour de la terre et sur lequel les télégrammes pourront être transmis à la vitesse de 300 mots par minute, sans que les signaux soient déformés ou souffrent des phénomènes d'interférence. Pendant les premières années il est possible que le propriétaire du brevet relatif au câble nouveau modèle se fasse grassement payer, mais plus tard, pour battre les tarifs pratiqués sur les câbles, il faudra réduire considérablement les taxes radiotélégraphiques.

Plusieurs compagnies transatlantiques attendent avec impatience la livraison du nouveau câble, et il semble bien qu'à l'avenir les choses n'iront pas toutes seules pour les compagnies de T. S. F.

Élection de M. Edouard Estaunié à l'Académie française. — M. Estaunié, ancien haut fonctionnaire de l'Administration des Postes et Télégraphes, a été élu, le 15 novembre dernier, Membre de l'Académie française. Né à Dijon, en 1862, M. Estaunié, ancien élève de l'École Polytechnique, fut admis en qualité d'élève-ingénieur à l'École Supérieure des Postes et Télé-

graphes, en 1887. Nommé Ingénieur, puis Ingénieur en Chef, il fut appelé par décret du 11 juillet 1901 à la direction de cette École. Son remarquable cours sur les « Télécommunications », réuni en volume, fut très apprécié par les techniciens. Il avait publié antérieurement, dans la Bibliothèque des Sciences et de l'Industrie, son livre de début : « Sources d'énergie électrique », qui avait été très bien accueilli.

M. Estaunié fut chargé ensuite de la Direction du Matériel et de la Construction, et prit sa retraite en 1918.

Ce n'est pas le lieu, dans cette simple information, d'énumérer les services éminents que M. Estaunié à rendus à l'Administration des Postes et Télégraphes; nous rappellerons seulement, parmi bien d'autres innovations (1), qu'il a été le promoteur de l'application des principes en usage dans la téléphonie aux problèmes de commutation, qui se posent dans les grands bureaux télégraphiques, et dans un autre ordre d'idées qu'à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, il a organisé les conférences du samedi, qui sont ouvertes à tous les agents, commis et fonctionnaires et qui ont contribué si puissamment à la diffusion, dans toutes les catégories du personnel, d'un enseignement vraiment supérieur, s'étendant des études techniques ou scientifiques aux questions les plus élevées d'esthétique et de morale sociale.

Malgré ses hautes fonctions administratives, M. Estaunié a écrit de nombreux romans dans lesquels il s'est attaché à étudier l'Âme et la vie intime des humbles. Depuis 1891, il a publié ses impressions de Hollande sur les « Petits Maîtres »; « Un Simple; » « Bonne Dame »; « l'Empreinte »; « Le Ferment »; « l'Épave »; « La Vie Secrète »; « Les Choses voient »; « Solitudes »; « L'Ascension de M. Baslèvre »; « l'Appel de la Route »; et tout récemment « L'Infirme aux mains de lumière ».

---

(1). Lors de la première installation de petits tableaux standards c'est M. Estaunié qui imagina le dispositif si simple et si utile, grâce auquel on peut, à volonté, au moyen de deux conjecteurs, se relier à un circuit interurbain bifilaire, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un transformateur.



BIBLIOGRAPHIE

The Poulsen Arc Generator (*L'arc Poulsen*), par l'Ingénieur C. F. Elwel. — Londres E.C. 4, Ernest Benn Ltd., 8, Bouverie street. 1 vol. gr. in-8°, relié, de 192 pages avec 150 figures. Prix : 18 schellings net.

Malgré que depuis vingt ans l'arc Poulsen ait rendu d'immenses services pour l'établissement des communications sans fil à longue distance, les ouvrages et revues techniques ne lui ont guère consacré jusqu'ici que quelques chapitres ou colonnes forcément incomplets. Le livre qu'un spécialiste éminent présente aujourd'hui est le premier qui renferme des données théoriques et pratiques vraiment complètes : Théorie de l'arc chantant de Duddel ; théorie de l'arc Poulsen ; description de celui-ci, de ses variantes et organes accessoires ; applications de l'arc Poulsen à la radiotéléphonie et aux mesures à haute fréquence ; description des stations modèles de Rome, Croix d'Hins et Northolt.

L'ouvrage, remarquablement illustré, se termine par une bibliographie aussi complète que possible.

Les méthodes modernes d'organisation industrielle, par L. Benoist, Ingénieur E.C.P. avec exemples du *Calcul des temps d'usinage en construction mécanique*, par Hermann. — Paris, Gauthier-Villars et Cie. 1 vol. in-8° carré de 208 pages et 39 figures. Prix : 18 francs.

Les monnaies, les changes, les arbitrages, par H. Herbelot et G. François, anciens élèves de l'École Polytechnique, membres de l'Institut des Actuaires français. — Paris, Gauthier-Villars et Cie. 1 vol. in-8° de 243 pages, avec graphiques. Broché, prix : 15 francs.

Cet ouvrage a été écrit dans le but de fournir à tous ceux que préoccupe, à notre époque, la question des changes, un exposé

simple et concis des derniers aspects du problème, ainsi qu'une documentation complète sur la technique et la pratique des négociations de devises étrangères.

Barèmes pratiques sur les changes, les monnaies et les arbitrages, par L. Herbelot et G. François, anciens élèves de l'École Polytechnique, membres de l'Institut des Actuaires français. — Paris, Gauthier-Villars et C[ie]. 1 vol format 12 × 15, de 176 pages. Reliure toile souple. Prix : 13 fr. 50.

Ces barèmes sont le complément de l'ouvrage « *Les Monnaies, les Changes, les Arbitrages* », où les mêmes auteurs se sont attachés à faire un exposé simple et concis de la question des changes, à en examiner les aspects actuels et à donner les moyens de résoudre les problèmes qu'elle pose.

Le poste de l'amateur de T.S.F., par Hémardinquer, Ingénieur. — Paris, Étienne Chiron, 40, rue de Seine (VI[e]) ; 1 vol. broché de 257 pages avec 290 figures. Prix : 10 francs ; *franco* : 11 francs.

Ce livre contient, sous une forme simple et détaillée à la fois, la description et les données de montage de tous les organes du poste de réception moderne : cadres, antennes, appareils d'accord, détecteurs, amplificateurs, récepteurs et haut-parleurs, accumulateurs et piles, etc.

La super-hétérodyne, la super-réaction, les amplificateurs de puissance, sont étudiés avec précision, ainsi que d'autres dispositifs spéciaux pour la réception des ondes courtes et de nouveaux procédés de réglage.

Installations téléphoniques, guide pratique à l'usage du personnel des Postes et Télégraphes et des monteurs électriciens, par J. Schils, directeur honoraire des Postes et Télégraphes. — 4[e] édition revue et mise à jour par C. Cornet, ingénieur des Télégraphes, directeur des cours aux Ateliers des Postes et Télégraphes ; 1 vol. 13/21, de 379 pages avec 242 figures. Prix : broché, 15 fr. : relié, 18 fr. 50.

Cette nouvelle édition, mise à jour et complétée par l'exposé des progrès accomplis dans la technique téléphonique, garde le caractère simple et pratique des éditions précédentes et reste à la portée des ouvriers monteurs et du personnel des Postes et Télégraphes.

Discours de la nature de l'air. De la végétation des plantes. Nouvelle découverte touchant la vue, par Edme Mariotte. (Ouvrage de la collection « *Les maîtres de la pensée scientifique* »). — Paris, Gauthier-Villars, 1 vol. in-16, double couronne de 120 pages. Prix : 3 francs.

Un problème postal. Coupon-réponse ou timbre-réponse international ? par Alfred Mantici, premier Secrétaire à la Direction générale des Postes d'Italie. — Rome, Stabilimento Tipografico Carlo Colombo ; 1 brochure de 21 pages.

La radiotéléphonie (*Émission. Réception. Montage de postes d'amateurs. Applications*), par Carlo Toché, ancien élève de l'École Polytechnique, ancien officier radiotélégraphiste au G.Q.G. Préface du général Ferrié, membre de l'Institut. — Paris, Gauthier-Villars et Cie. 1 vol. in-8° raisin de 118 pages ; fig. dont photographies. *2e édition revue et augmentée.* Broché, prix : 10 francs.

Cet excellent ouvrage est écrit non seulement pour les électriciens et les ingénieurs, mais encore et surtout pour le grand nombre de gens intelligents qui voudraient, en s'appuyant seulement sur les connaissances scientifiques générales qu'ils possèdent, acquérir des notions nettes sur le principe de la radiotéléphonie, les appareils qu'elle met en œuvre, ses avantages, ses difficultés et son avenir, autant qu'on peut le prévoir dès maintenant.

Les hallucinations des Einsteiniens *ou les erreurs de méthode chez les physiciens-mathématiciens*, par Christian Cornelissen. — Paris, Albert Blanchard, 3 pl. de la Sorbonne. 1 vol. petit in-8° de 86 pages, avec figures. Relié, prix : 3 fr. 75.

BREVETS D'INVENTION (1)

1re addition au brevet n° 547.572. — Perfectionnements apportés aux récepteurs téléphoniques. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

1re addition au brevet n° 531.980. — Méthode et appareil de radiotoniométrie pour la détermination de la position des navires. — M. André Blondel. — France.

2e addition au brevet n° 541.180. — Perfectionnements apportés aux systèmes à signaux sélectifs, et appareils correspondants fonctionnant sélectivement. — Société : Le Matériel téléphonique. — France.

1re addition au brevet n° 492.965. — Perfectionnements dans les systèmes de transmission télégraphique. — M. Thomas Bullitt Dixon. — États-Unis d'Amérique.

1re addition au brevet n° 521.900. — Condensateur à capacité variable et à grand angle de réglage. — M. Antoine Bonnefont. — France.

2e addition au brevet. n° 540.819. — Perfectionnements aux postes radio-récepteurs. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

3e addition au brevet n° 540.819. — Perfectionnements aux postes radio-récepteurs. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

553.597. — Amplificateur basse et très basse fréquence monophone à rétroaction. — M. Paul-André Niguet. — France.

Le premier étage d'amplification diffère d'un étage à transformateur ordinaire en ce que la plaque est réunie au positif de la source à travers le primaire d'un transformateur relié également à la plaque du deuxième étage. Ce primaire est accouplé magnétiquement au secondaire monté sur la grille de la deuxième lampe et dans un sens tel que l'ensemble puisse engendrer une oscillation de basse fréquence dont la note peut être réglée au moyen d'un condensateur en dérivation sur le primaire.

Le procédé employé pour décrocher l'oscillation est de couper par une capacité variable de l'ordre de dix millièmes de microfarads, la liaison du

---

(1) Les descriptions (notices et dessins) relatives aux brevets sont en vente à l'Imprimerie Nationale, 87, rue Vieille-du-Temple, Paris (IIIe).



circuit de la 2e grille et du point commun. Une excitation très faible de la grille et à une fréquence inférieure mais très voisine de la note qui s'éteint au décrochage produit une très forte amplification par rétroaction.

554.132. — Poste complet pour la transmission et la réception par T.S.F. de documents graphiques sans demi-teintes. — Société anonyme : Les Établissements Édouard Belin. — France.

554.133. — Alphabet spécial pour messages téléphotographiés. — Société anonyme : Les Établissements Édouard Belin.— France.

554.134. — Dispositif optique permettant l'emploi du galvanomètre à corde avec son maximum de sensibilité pour l'enregistrement photographique en valeurs très opposées de signaux intermittents et particulièrement de signaux télégraphiques et radiotélégraphiques. — Société anonyme : les Établissements Édouard Belin. — France.

554.187. — Connecteur rotatif de 200 lignes, à raison de 10 rangées de 20 lignes. — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — France.

554.197. — Appareil de réception ou d'émission de télégraphie ou téléphonie avec ou sans fil alimenté par une source de courant alternatif. — Compagnie générale de mesures. — France.

554.211. — Perfectionnements apportés à la télautographie. — MM. Harry Guy Bartholomew et Maynard Leslie Deedes Mc Farlane. — Angleterre.

554.229. — Poste-relais pour radiotélégraphie et radiotéléphonie. — M. Maurice Vinot. — France.

554.269. — Dispositif récepteur pour appareils téléphoniques. — Société : Société des téléphones Ericsson. — France.

554.279. — Appareil transmetteur et récepteur électrique, applicable particulièrement à la télégraphie par fil et sans fil. — M. Pierre Lindet. — France.

554.290. — Poste téléphonique. — MM. Georges-Charles Bouchery et Abel-Joseph Blun. — France.

Le Gérant,

LÉON EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS

Table analytique des matières de l'année 1923

PÉRIODIQUES

Divers.

Service d'Études et de Recherches Techniques.

Comité technique.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES NOMS D'AUTEURS

APPAREILLAGE GARDY

COUPE - CIRCUITS PARAFOUDRES POUR TÉLÉPHONES

Coupe-Circuits Infraudables

Coupe - Circuits sur socle laiton avec fusibles et Parafoudres

Coffrets fonte pour coupe-circuits téléphoniques



Marque déposée

ARGENTEUIL

Coupe-Circuit GARDY
Type 10044 avec fusibles et parafoudres

Nous pouvons livrer tous nos Coupe-Circuits téléphoniques montés sur RÉGLETTES CHASSIS PANNEAUX isolants

Marque déposée

SEINE-ET-OISE

DEMANDER NOTRE BROCHURE N° 500 " COUPE-CIRCUITS CALIBRÉS ET INFRAUDABLES "

Registre du Commerce : 6.457, Versailles.

Ancienne maison **CUAU** aîné et **PAMART**

E. PAMART, Ingénieur - Constructeur

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

Fournisseur des Cies de chemins de fer, des ministères de la Guerre, des P. T. T., de la Marine, de l'Instruction publique, des Beaux-Arts, et de la ville de Paris.

BUREAUX : 234, rue Championnet — ATELIERS : 18, rue Lagille
PARIS (*XVIIIe*) — *Téléphone :* **Marc 12-03**

CHAUFFAGE CENTRAL

par la vapeur à basse tension, par l'eau chaude — par la vapeur d'échappement — par aérothermes

Chaudières fonte sectionnée — chaudières tôle tubulaires
Ventilation, aspiration des fumées, des poussières.

Appareils à jet pour toutes applications
injecteurs — éjecteurs — souffleurs — ventilateurs

Registre du Commerce : Seine, n° 158.838.

ANCIENNE MAISON EURIEULT

PORCELAINES ET APPAREILLAGES ELECTRIQUES

GRAMMONT

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 5.000.000 DE FRANCS
Registre Commerce Seine, n° 116.355.
Siège social : 10, rue d'Uzès. PARIS (II°).

Services Techniques et commerciaux : 41, rue Cantagrel. PARIS

AGENCE DE PARIS : **60, rue de Bondy.**

Agences à : LILLE — NANCY — NANTES — LYON — LIMOGES — GRENOBLE — BORDEAUX — TOULOUSE — MARSEILLE — ALGER



TOUS POSTES

muraux et mobiles
à batterie centrale et locale,
avec appel par pile ou avec appel magnétique.

TABLEAUX ET CLASSEURS

Boîtes de coupure pour batterie centrale et locale.

STANDARDS MIXTES

à batterie centrale

MULTIPLES

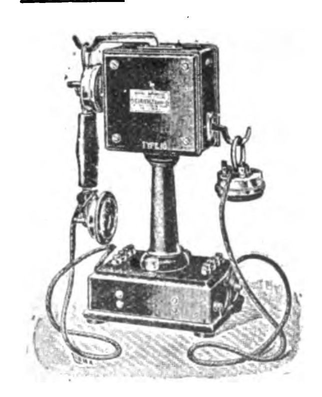
Postes simplifiés pour Standards.

Microtéléphones électromagnétiques





Devis sur Demande



CATALOGUE SUR DEMANDE

SOCIÉTÉ ALSACIENNE
DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES

Registre du Commerce : Belfort n° 3.661

Usines à BELFORT (Terr. de), **MULHOUSE** (H^t-Rhin), **GRAFFENSTADEN** (Bas-Rhin)

Maison à PARIS, 32, rue de Lisbonne (8e)

à **LYON**....... 13, rue Grôlée
« **LILLE**..... 61, rue de Tournai
« **NANCY**..... 21, rue St-Dizier.
« **MARSEILLE**. 40, rue Sainte.

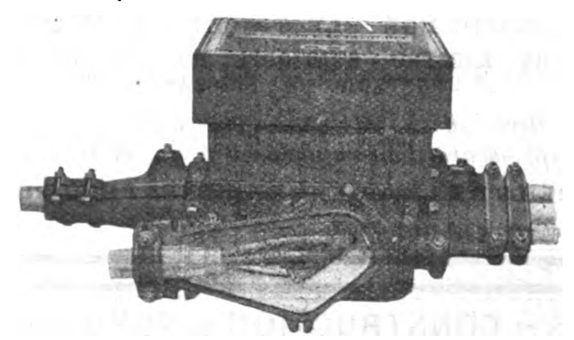
à **ROUEN**..... 7, rue de Fontenelle.
« **NANTES**.... 7, rue Racine.
« **BORDEAUX**.. 9, crs du Chapeau-Rouge.
« **TOULOUSE**.. 21, rue Lafayette.





FILS & CABLES POUR L'ÉLECTRICITÉ

Fils et câbles nus et isolés. — Câbles sous plomb armés pour haute et basse tension. — Câbles télégraphiques et téléphoniques avec isolement au caoutchouc ou à circulation d'air. — Câbles sous-marins.



MATÉRIEL DE CANALISATIONS

Manchons de jonction, de branchement et de dérivation. — Boites à coupe-circuits. — Coffrets de branchement. — Boîtes de distribution, de dérivation et de prise de courant etc...

AUTRES FABRICATIONS

Chaudières. — Machines et turbines à vapeur. — Moteurs à gaz et installations d'épuration des gaz. — Machines soufflantes. — Matériel électrique de toutes puissances et pour toutes applications. — Traction électrique. — Machines pour l'industrie textile. — Machines et appareils pour l'industrie chimique. — Locomotives à vapeur. — Machines-outils. — Petit-outillage. — Crics et Vérins U G. — Bascules. — Transmissions.

MANUFACTURE D'ISOLANTS & OBJETS MOULÉS

de la Compagnie Générale d'Electricité, 54, r. la Boétie, Paris.

Registre du Commerce de la Seine
N° Analytique 21.516

Porte contacts

Bloc terminal

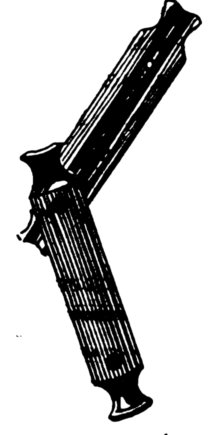
PIÈCES MOULÉES

POUR LA

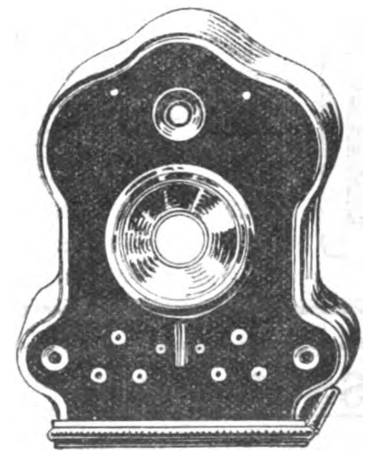
TÉLÉGRAPHIE

ET LA

TÉLÉPHONIE



Poignée de combiné



Applique murale

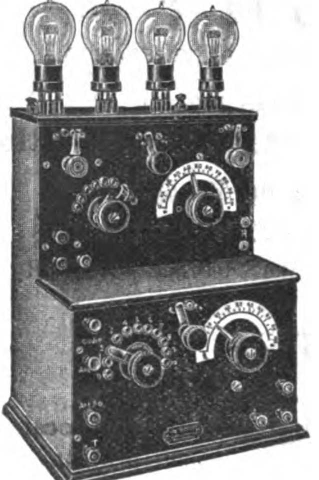


Cornet de parleur

Demander renseignements sur nos matières isolantes:
Gummite, Roburines, Cégéite, Termite, Infusite, Ebonite, Ambrose

S^té DES ÉTABLISSEMENTS DUCRETET

75, rue Claude-Bernard, PARIS



POSTES RÉCEPTEURS T.S.F.

complets à 4 et à 6 lampes

Dispositifs brevetés à grand rendement

CONCOURS LÉPINE 1923 - GRAND PRIX

RADIOCONCERTS P.T.T.

— Concerts anglais —

Réception sur toutes longueurs d'onde aux plus grandes distances.

TÉLÉPHONE HAUT PARLEUR

G. LAKHOVSKY

Notices illustrées, catalogue et tarif sur demande.

Tél Gobelins 06.23 et 06.24 — Reg. Comm. : Seine, 35.123.

SPE

SOCIÉTÉ PARISIENNE

POUR L'INDUSTRIE DES CHEMINS DE FER

ET DES TRAMWAYS ÉLECTRIQUES

Capital 50.000.000 de francs

Siège Social et Bureaux :
75, Bd. Haussmann. Paris 8e

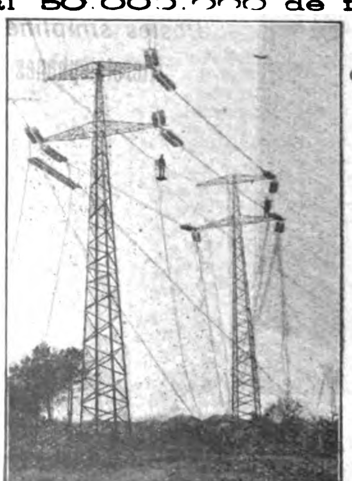
Téléphone : **Central** 34-10 / 25-17

TRANSMISSION D'ÉNERGIE

Réseaux complets de distribution d'énergie

CANALISATIONS ÉLECTRIQUES

Embranchements et raccordements industriels



Ligne à 150.000 volts
de la Cie des Chemins de fer du Midi. Traversée de voie ferrée.

Adresse Télégraphique
PARLECOP-PARIS

TRACTION ÉLECTRIQUE

Lignes de contact

Postes de transformation

Stations centrales

Études et Devis gratuits sur demandes

Registre du Commerce : Seine, 106.274.

ATELIERS J. CARPENTIER

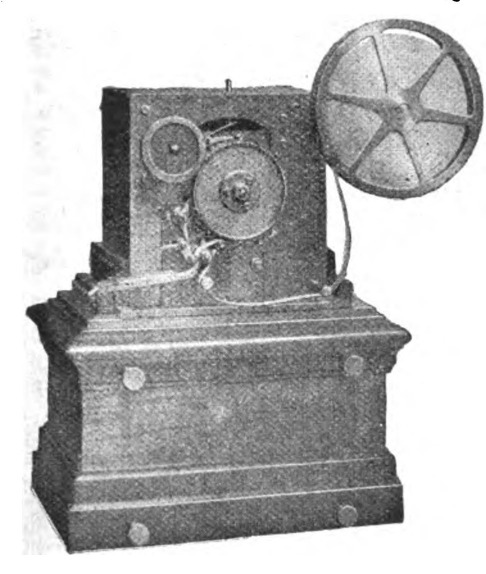
SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE SIX MILLIONS

SIÈGE SOCIAL : **20, rue Delambre — PARIS** (14e)

Téléphone : **SÉGUR 05-65**

Registre du Commerce de la Seine n° 207.238 B

APPAREILS TÉLÉGRAPHIQUES Système BAUDOT



Traducteur Baudot.

Imaginé par un Ingénieur français, E. Baudot, étudié dès 1879 et réalisé de toutes pièces sous sa forme définitive par un constructeur français, J. Carpentier, remarquablement mis en œuvre par le personnel des Télégraphes français, le système Baudot n'a cessé de recevoir, depuis son entrée en ligne, les plus utiles perfectionnements.

Desservant presque exclusivement le réseau national il a conquis une bonne part des réseaux européens et achève de se répandre dans le monde entier.

Il répond aux besoins les plus variés et se prête aux combinaisons les plus complexes : Postes doubles, quadruples, sextuples, montage en duplex, translation, retransmission, transmission automatique par bandes perforées avec manipulation par clavier alphabétique.

APPAREILS TÉLÉGRAPHIQUES Système MORKRUM

Ces appareils sont dérivés du système Baudot : certains d'entre eux présentent pour les transmissions automatiques des dispositifs très perfectionnés ; d'autres se prêtent à des applications variées : le **TELÉTYPE** par exemple est une véritable machine à écrire à distance, s'adaptant aux besoins de correspondance rapide du commerce, de l'industrie, des administrations et des particuliers.



Télétype.

APPAREILS DE MESURES ÉLECTRIQUES INDUSTRIELS ET DE PRÉCISION. — APPAREILS D'OPTIQUE. APPAREILS DE GÉODÉSIE. — MÉCANIQUE GÉNÉRALE.


Exigez
LES
CASQUES
et ÉCOUTEURS
PIVAL
MODÈLE DÉPOSÉ
BREVETÉ S.G.D.G.
les plus sensibles
perfectionnements nouveaux
les
plus légers
Monture Duralumin
les plus agréables
à porter
suspension
double cardan
MADE IN FRANCE
BOITIERS EN MATIÈRE MOULÉE
construits en grande série
pour la première fois en France par les

ÉTTS DESOUCHES DAVID ET CIE

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 6.000.000 DE FRANCS
SIÈGE SOCIAL : 55, rue d'Amsterdam, 55 — PARIS
TÉLÉPHONE : CENTRAL 84.40

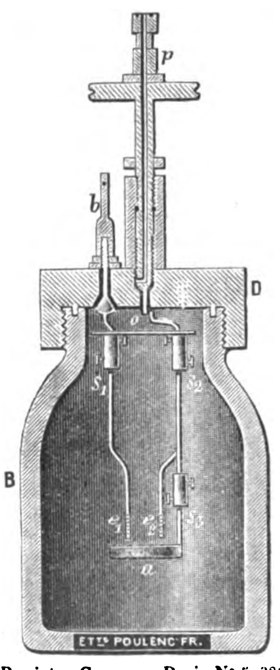
CONSTRUCTION ET RÉPARATION DE MATÉRIEL ROULANT
pour chemins de fer, services postaux et tramways.

GRANDS PRIX
PARIS 1900 — LONDRES 1908
BRUXELLES 1910
TURIN 1911

HORS CONCOURS
MEMBRE DU JURY
Expositions Universelles:
LIÈGE 1905 — MILAN 1906

Ateliers de Construction à Pantin (Seine)

Reg. Comm. : Seine, n° 196.468.



FOURNITURES GÉNÉRALES pour LABORATOIRES
et ATELIERS de CONSTRUCTION d'APPAREILS de PRÉCISION.

Les Etablissements POULENC frères

122, Boulevard St-Germain, PARIS
Siège social : 92, rue Vieille-du-Temple

PRODUITS CHIMIQUES PURS POUR ANALYSES

PRODUITS CHIMIQUES INDUSTRIELS

VERRERIE SOUFFLÉE ET GRADUÉE
Verre français marque "LABO"

OBUS CALORIMÉTRIQUE DE MAHLER
POUR L'ESSAI DES COMBUSTIBLES

ECONOMIE DE COMBUSTIBLE
par l'analyseur enregistreur automatique des gaz de BRENOT

PYROMÈTRES

THERMOMÈTRES INDUSTRIELS

MESURE de la VITESSE des FLUIDES
(EAU ET GAZ)

OBUS DE MAHLER-GOUTAL
POUR LE DOSAGE DU CARBONE DANS LES FERS, FONTES, ACIERS

APPAREILS POUR L'ESSAI DES HUILES ET PÉTROLES

FOURS ÉLECTRIQUES

Registre Comm. : Paris N° 5 386. APPAREILS POUR LE CONTROLE MÉTALLURGIQUE

J.-G. BUISSON

ex-chef d'ateliers des P. T. T.
constructeur des appareils de T. S. F. « FORNETT »

vous invite a vous rendre compte du fonctionnement de ses nouveaux types de 1 à 6 lampes, pour ondes de 150 à 4000 mètres. Réceptions garanties partout où elles sont possibles car dans le cas de difficultés locales, — qui existent bien et qu'il est bon de savoir — les postes ne donnant pas satisfaction peuvent être échangés ou repris.

Construits avec le plus grand soin, d'après des essais entrepris depuis deux ans ils sont équipés, suivant les n°s, soit avec self à fer, soit avec transfos H. F. Bardon, soit avec la résonance.

Tous accessoires de téléphonie avec ou sans fil
Téléphones et casques Grammont-Eurieult

30, Boulevard Voltaire. PARIS XIe. Téléphone : Roquette 04-78

Reg. Com. Seine n° 27.168 — **Catalogue et Guide pratique de réception de T. S. F. franco 1 franc.** — Chèques postaux Paris n° 357.58



Maison fondée en 1883





APPAREILS TELEPHONIQUES
pour réseaux de l'État

TABLEAUX CENTRAUX

Boites de Coupure

TÉLÉPHONIE PRIVÉE

SONNERIES CLOCHES

TABLEAUX INDICATEURS

Poste Portatif
Batterie Centrale

R. C. : Seine 32.495.

Association des Ouvriers en Instruments de précision

SOCIÉTÉ ANONYME A CAPITAL VARIABLE

8 à 14, rue Charles-Fourier. PARIS (13e)

Registre du Commerce : Seine, n° 31.707.

MATERIEL TELEPHONIQUE

Postes téléphoniques

Tableaux et appareillage pour réseaux à batterie locale et centrale

A.O.P.

Machines à percer électriques

Tour de précision A. O. P.

Taraudeuse rapide "Perciv"

Téléphone : GOBELINS 17-99, 18-80, 40-56 — *Adresse télégraphique :* ASSOPRÉCI

NOTICES ET DEVIS SUR DEMANDE

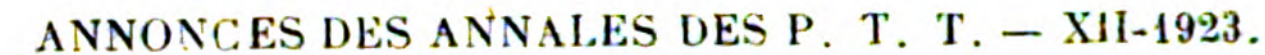


BUREAUX & DÉPOT

53, rue Orfila, PARIS

Téléphone : ROQUETTE 21-21

R. C. Seine : n° 63.641.



AVIS

intéressant pour toutes les

firmes ayant un gros courrier quotidien.

PROCHAINEMENT

entrera en service la première machine française à affranchir le courrier chez l'expéditeur même, par vignettes et non par timbres-poste.

La

MACHINE A AFFRANCHIR

HAVAS

(BREVETS TIRANTY) (R. C. N° 72.707)



25, Boul. des Italiens, **PARIS** (2e) *Tél* : GUTT. 23.06 54.01 — LOUVRE 29.55

LA BOITE D'ACCORD UNIVERSELLE

Quelques montages réalisés instantanément avec la boite d'accord **UNIVERSELLE**

C.O → VERS LAMPLI

OU

C.O

OU

+ 80

+ 80

OU

OU

C.O

LA BOITE D'ACCORD "UNIVERSELLE"

à galettes, sans bouts-morts, renfermées dans des boîtiers en ébonite, permet la réception de toutes les longueurs d'onde, des plus petites aux plus grandes. Le montage est instantané, et s'effectue par simple introduction des galettes appropriées dans des fourches amovibles formant ressort ; pour les petites ondes, il est prévu des manches isolants afin d'éviter la capacité de la main.

NOTICE ENVOYÉE FRANCO SUR DEMANDE AU



RADIO-HALL

-23 Rue du Rocher-PARIS-

A DEUX PAS DE LA GARE S^T LAZARE

Registre du Commerce : Paris 179.600.



LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
LÉON EYROLLES, ÉDITEUR
3, rue Thénard, Paris (5e).

EXTRAIT DU CATALOGUE :

Cours d'installations téléphoniques (1923), par MILON, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes, un vol. (16 × 25) de 400 pages et 264 figures, prix........ 30 francs.

Télégraphie et téléphonie sans fil (1923), par VEAUX, Ingénieur des Télégraphes, un vol. (16 × 25) de 320 pages et 362 figures, prix.................... 25 francs.

Cours élémentaire de téléphonie (1923), par GRELAUD, Contrôleur principal des Postes et Télégraphes, un vol. (16 × 25) autographié de 180 pages et 127 figures, prix 10 francs.

Cours d'exploitation postale (1923), par FERRIÈRE, Directeur des Postes et Télégraphes. *Livre I.* — Principes fondamentaux. Législation. Exécution et contrôle de service, un vol. (16 × 25) de 241 pages. *Livre II.* — Personnel. Service des directions. Service ambulant. Service maritime, un vol. (16-25) de 306 pages (les deux volumes ensemble prix.. 25 francs.

Compléments de mathématiques (1922), par B. COLLIN, Agrégé de l'Université, une brochure (16 × 25) de 84 pages, prix .... 3 francs.

R.C. Seine 4.961

INDEX DES ANNONCES

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

Les ouvrages ci-après, publiés par la Bibliothèque des *Annales*, sont en vente chez les éditeurs indiqués pour chacun d'eux.

Chez A. DUMAS, 8, rue de la Chaussée d'Antin, Paris (9e).

Les dix premières années des **Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones**. — L'année complète, prix : 14 francs. Le prix des années dont certains numéros sont épuisés sera réduit proportionnellement au nombre des numéros manquants.

Chez GAUTHIER-VILLARS, 55, quai des Grands-Augustins, Paris (6e).

Pratique Radiotélégraphique (*Radiotelegraphisches Praktikum*, par REIN); traduit de l'allemand par VIARD, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1913). — 1 vol. Prix : 18 francs.

Cours d'électricité théorique (1), par M. POMEY, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes (1914). — 2 vol. Tome I. Prix : 26 francs.

Introduction à la théorie des courants téléphoniques et de la radiotélégraphie, par POMEY, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes (1920) — Tome II. Prix : 50 francs.

Analogies mécaniques de l'électricité, par POMEY, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes (1921). Prix : 15 francs.

De la propagation du courant télégraphique et téléphonique (*The propagation of the electric currents*, par J.-A. FLEMING); traduit de l'anglais par RAVUT, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1913). — 1 vol. Prix : 24 francs.

Chez Etienne CHIRON, 40, rue de Seine, Paris (6e).

L'Acoustique téléphonique, la Téléphonie, la Télégraphie, par E. REYNAUD-BONIN, Ingénieur des Postes et Télégraphes. — 1 vol. de 185 pages et 101 figures. Prix : 8 francs.

Chez Albin MICHEL, 22, rue Huygens, Paris (14e).

Traité de téléphonie pratique (extraits de *American Telephone pratice*, par KEMPSTER, B. MILLER); traduit de l'anglais (1913). — 1 vol. Prix : 9 francs.

Traité de téléphonie (extraits de *Telephony*, par ABBOT); traduit de l'anglais par GILLES, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1913). — 1 vol. Prix : 6 francs.

Chez BAILLIÈRE ET FILS, 19, rue Hautefeuille, Paris (6e).

Appareils et installations télégraphiques (1), par MONTORIOL, Inspecteur des Postes et Télégraphes. — 1 vol. Prix : 40 francs.

Les Systèmes de Télégraphie et Téléphonie, par MONTORIOL, Inspecteur des Postes et Télégraphes. — 1 vol. Prix : 40 francs.

Chez BÉRANGER, 15, rue des Saints-Pères (6e).

Les câbles télégraphiques et téléphoniques (*Telegraphen und Fernsprechkabel-Anlagen*, par STILLE); traduit de l'allemand par PICAULT, Ingénieur, et MONTORIOL, Sous-chef de section des Postes et Télégraphes (1914). — 1 vol. in-8°. Prix : 30 francs.

VOIR AU VERSO.

(1) Cours professé à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes.

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

Les ouvrages ci-après publiés par la Bibliothèque des *Annales* sont en vente à la librairie de l'Enseignement technique, 3, rue Thénard, Paris (5e).

Exploitation postale (1), par Ferrière, Directeur des Postes et Télégraphes (1923). — 2 vol. in-8°. Tome I, 240 pages. Tome II, 306 pages. Les 2 volumes : 25 francs.

Cours élémentaire de télégraphie sans fil, par G. Viard, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1918). — 1 vol. in-8° de 304 pages, 187 figures. Prix : 12 fr. 50.

Cours d'installations téléphoniques (1) par Milon, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes (1923). — 1 vol. de 400 pages et 264 figures. Prix : 30 francs.

Télégraphie et téléphonie sans fil, par Veaux, Ingénieur des Télégraphes, (1923). — 1 vol. de 312 pages et 365 figures. Prix : 25 francs.

Principes généraux d'exploitation téléphonique (1), par Milon, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes (1921). — 1 vol. in-8° de 150 pages. Prix : 6 francs.

Construction des lignes aériennes (1), par E. Picault, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1922). — 1 vol. in-8° de 312 pages et 185 figures. Prix : 12 francs.

Construction des lignes souterraines (1), par E. Picault, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1921). — 1 vol. in-8° de 191 pages et 108 figures. Prix : 6 fr. 50.

Cours de comptabilité et droit budgétaire (1), par Feret du Longbois, Directeur au Ministère des Finances, 1922, 3e édition. — 1 vol. in-8° de 152 pages. Prix : 6 francs.

Manuel de l'ouvrier des lignes aériennes télégraphiques et téléphoniques, 1922, par L. Drouet, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes, 1 vol. in-16 relié, de 254 pages et 155 figures. Prix : 7 fr. 50.

Instruction sur l'entretien et le réglage des appareils télégraphiques (1920). — 1 vol. relié in-16 de 154 pages et 39 figures. Prix : 6 fr. 50.

Instruction sur l'installation et l'entretien des postes téléphoniques d'abonnés (1921). — 1 vol. in-16 relié de 64 pages et 22 figures. Prix : 4 fr. 50.

Instruction sur la protection des installations télégraphiques et téléphoniques de l'État contre les courants industriels (1918). — 1 vol. in-16 relié, 142 pages. Prix : 3 francs.

Instruction sur les essais et mesures électriques et le relèvement des dérangements de lignes et de postes (1921). — 1 vol. in-16 relié, 130 pages, 22 figures. Prix : 5 francs.

Instruction sur la construction et l'entretien des lignes aériennes, 1921. — 1 vol. in-16 relié. 346 pages, 100 figures. Prix : 8 francs.

Instruction sur la combinaison des circuits et leur appropriation à la télégraphie et à la téléphonie simultanées (1921) (2e édition). — 1 vol. in-16 relié, 26 pages, 20 figures. Prix : 2 francs.

Conférences de comptabilité industrielle et commerciale (1921), par G. Valensi, Ingénieur des Postes et Télégraphes (2). — 1 vol. in-8°, 276 pages. Prix : 12 francs.

Cours de machines (Machines thermiques. Automobilisme) (1920), par Sauvage, Inspecteur général des Mines (1). — 1 vol. in-8°, 208 pages, 70 figures. Prix : 8 francs.

Compléments de mathématiques (1922), par B. Collin, Agrégé de l'Université (1). — Une brochure in-8° de 84 pages. Prix : 3 francs.

La poste militaire en France (Campagne 1914-1919), par A. Marty, Inspecteur général des Postes et Télégraphes. — 1 vol. in-8°, 140 pages. Prix : 7 francs.

Cours élémentaire de Téléphonie à l'usage du personnel des bureaux téléphoniques à batterie centrale, par Louis Grelaud, Contrôleur principal des Postes et Télégraphes. — 1 vol. autographié de 186 pages, 127 figures. Prix : 10 francs.

(1) Cours professé à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes.
(2) Conférences faites à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes.

Voir au recto.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS.